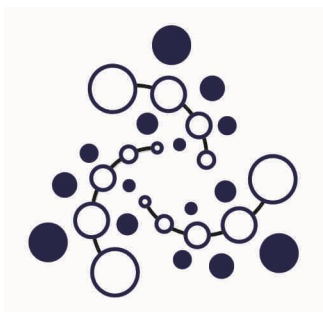


Всероссийская сеть научно-образовательных центров проблем управления



УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ



Москва 2011

Российская академия наук
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Всероссийская сеть НОЦ проблем управления

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»

УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ

Материалы VIII Всероссийской школы-конференции
молодых ученых

Москва
ИПУ РАН
2011

УДК 007
У67

Сборник содержит материалы VIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», проходившей 25-27 мая 2011 г. в Магнитогорске.

Редакционная коллегия:

Новиков Д.А., д-р техн. наук, профессор, член-корр. РАН (главный редактор)
Чукин М.В., д-р техн. наук, профессор (зам. главного редактора)
Мезин И.Ю., д-р техн. наук, профессор (зам. главного редактора)
Гун Г.С., д-р техн. наук, профессор
Касаткина Е.Г., канд.техн.наук, доцент
Яковлева Е.С., старший преподаватель
Джерыкина Л.В., инженер

Научное издание осуществлено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-07-06812-моб_г), а также при государственной поддержке развития кооперации ВУЗов и промышленных предприятий (договор с Минобрнауки России №13.G25.31.0061).

ISBN

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «ОБЩАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ»

<i>Батурина О.В.</i> Глобальный метод улучшения управления квантомеханической системой.....	14
<i>Уткин В.А., Мысик Н.С.</i> Алгоритм построения инвариантных систем в задаче слежения.....	17
<i>Уткин А.В.</i> Задача слежения в линейных системах.....	25
<i>Жилина Т.Е.</i> Робастная стабилизация многорежимной системы на основе сравнения с диффузионной моделью с марковскими переключениями.....	29
<i>Кочетков С.А.</i> Управление колесным роботом с использованием эталонной модели.....	32
<i>Паленов М.В.</i> Конечно-частотная идентификация объектов n -го порядка с запаздыванием.....	36
<i>Парсегов С.Э.</i> Обобщённые линейные алгоритмы управления формациями.....	40
<i>Рассадин Ю.М.</i> Блочный синтез обратной связи для двухмассовой системы.....	44
<i>Алексеев А.О., Галиаскаров Э.Р.</i> Развитие механизмов нечеткого комплексного оценивания.....	48
<i>Аснина А.Я., Баркалов С.А., Нильга О.С.</i> Методика определения последовательности реализации технологически связанных работ проекта, дающей наибольший доход.....	52

Секция «УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ»

<i>Гусев С.С.</i>	
Алгоритм идентификации динамического объекта по экспериментальным данным.....	58
<i>Еременко Ю.И., Еременко А.Ю., Полещенко Д.А., Глущенко А.И.</i>	
К вопросу реализации схемы управления с подстройкой параметров ПИД-регулятора при помощи нейронной сети.....	65
<i>Наумов И.С.</i>	
Синтаксический подход к автоматизации процесса оценки знаний сотрудника.....	69
<i>Коврыгин П.В.</i>	
Качественное улучшение быстродействия струйных элементов.....	77
<i>Боева Л.М., Цуканов М.А.</i>	
Оперативное управление сложным производством с использованием мультиагентных технологий.....	81
<i>Правильникова В.В.</i>	
Моделирование процессов микроклимата.....	85
<i>Сафин Э.В., Ильясова А.Х.</i>	
Особенности формирования показателей качества титановых сплавов с ультрамелкозернистой структурой.....	88
<i>Иванов Е.Б.</i>	
Система поддержки принятия решений по управлению доменным процессом.....	90
<i>Кинзин Д.И.</i>	
Использование теории оптимального управления при разработке технологии производства сортового проката.....	93
<i>Арапова Т.К., Баскакова Н.Т., Васильева Н.Ф.</i>	
Совершенствование системы управления ремонтами и техническим обслуживанием оборудования и системы их технического обеспечения на промышленном предприятии.....	98
<i>Шилов М.Н.</i>	
Управление рисками инновационного предприятия.....	102

<i>Беляев А.А.</i> Решение обобщенной задачи Джонсона при дополнительной формализации ресурсных ограничений.....	106
<i>Боронин И.А.</i> Моделирование гравитационной конвекции в зазорах и узких расщелинах.....	110
<i>Ушеров А.И., Леднов А.В., Чередниченко Э.В., Васильев Е.Ю., Макашов П.Л.</i> Совершенствование технологических процессов в металлургической и горнодобывающей промышленности путем интеграции в системы управления этими процессами в режиме реального времени объективной и достоверной информации о точном химическом составе материалов, подаваемых в производство.....	113
<i>Доронин В.Ю., Волицуков Ю.Н., Макашов П.Л., Романенко А.В., Ишиметьев Е.Н., Леднов А.В., Макашова В.Н.</i> Построение системы диспетчеризации и контроля технологических процессов как элемента управления промышленным предприятием.....	116
<i>Мыльников Л.А.</i> Исследование зависимости, получаемых решений задачи стратегического планирования производств от точности используемых прогнозов.....	120

Секция «УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫМИ И ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ»

<i>Базенков Н.И.</i> Теоретико-игровая постановка задачи контроля эгоистичного поведения узлов в многоагентных сетях передачи данных.....	130
<i>Сидоренко Е.А., Будоков О.В.</i> Моделирование совмещения работ в строительном проекте.....	133
<i>Сабирзянова Л.Т., Сиразетдинов Р.Т.</i> Принятие управленческих решений в кризисных ситуациях на основе динамического моделирования устойчивого развития региона.....	137

<i>Синюков А.В.</i>	
Разработка инвестиционной стратегии холдинга с учетом проектов по слияниям и поглощениям.....	140
<i>Арутюнов А.Л.</i>	
Применение некоторых аналитических методов в анализе и прогнозах макроэкономических временных рядов.....	144
<i>Батов А.В., Королев В.Ю., Корчагин А.Ю.</i>	
EM-алгоритм с большим числом компонент как средство построения непараметрических оценок плотности.....	154
<i>Вафин Н.И.</i>	
Построение ансамбля траекторий роста растения в условиях неопределенности экологических факторов.....	158
<i>Дорофеев Ю.А.</i>	
Классификационный алгоритм решения задачи коррекции социально-экономических показателей в условиях нерепрезентативных выборок.....	162
<i>Сайфетдинова Э.М.</i>	
Моделирование экономических процессов в кластере по производству услуг связи на примере Республики Татарстан.....	166
<i>Белоконь А.М.</i>	
Модель непрерывного интегрированного управления промышленным предприятием.....	170
<i>Коргин Н.А., Куливец С.Г.</i>	
Построение когнитивной карты разделенных влияний для игры с несогласованными представлениями.....	177
<i>Куливец С.Г., Коргин Н.А.</i>	
Поиск информационного управления в игре на когнитивной карте разделенных влияний.....	181
<i>Макарова Е.А., Павлова А.Н.</i>	
Когнитивное моделирование динамики взаимодействия макроэкономических рынков.....	184
<i>Сураева М.О.</i>	
Сущность и структура инновационного потенциала.....	188

<i>Боброва Н.С., Немытых Е.П., Харитонов В.А., Хорошева Л.Н.</i>	
Механизмы исследования структуры социума.....	192
<i>Н.С. Боброва, Е.П. Немытых, В.А. Харитонов, Л.Н. Хорошева</i>	
Моделирование проблемных ситуаций в задачах инновационного развития мегаполиса.....	194
<i>Букалова А.Ю., Букалова Н.П.</i>	
Налог на недвижимость как функция управления устойчивым развитием территории городов: проблемы и перспективы.....	198
<i>Ризаев З.И.</i>	
Объектно-ориентированное моделирование заказов и производственных заданий предприятия.....	201
<i>Киреева Е.А.</i>	
Управление рисками при бизнес-планировании.....	205
<i>Ларионова Р.А.</i>	
Риски инновационной деятельности на объектах культурного наследия.....	209
<i>Суханцев С.С.</i>	
Применение теории нечетких множеств к оптимизации индивидуальной образовательной траектории студента-математика.....	214
<i>Тимирова А.А.</i>	
Применение теории нечетких множеств для построения вектора управления успеваемостью школьника.....	218
<i>Данилов А.Н., Шарыбин И.Д.</i>	
Экспликация как методологическая основа негэнтропийного управления качеством образовательной деятельности университета.....	220
<i>Елисеев А.С.</i>	
К вопросу об устойчивости процесса производства на предприятии.....	224
<i>Данилов А.Н., Ильиных Н.А., Столбова И.Д.</i>	
Управление качеством профессиональной подготовки на основе компетентностного подхода.....	228
<i>Гуреев К.А., Голубева О.С.</i>	
Технологии моделирования рынков и рыночной деятельности в условиях глобализации.....	232

<i>Точилкина Е.В.</i>	
Мощность инфраструктуры образовательного агрегата.....	236
<i>Алексеев А.О.</i>	
Проблемы определения накопленного износа.....	239
<i>Дранко О.И., Филимонов В.С.</i>	
Оценка темпов роста бизнеса по экспериментальным данным.....	243
<i>Санина Н.В.</i>	
Оптимизационная модель страховых тарифов.....	248
<i>Аверина Т.А.</i>	
Значение ключевой компетентности для конкурентоспособности инновационной организации.....	252
<i>Курочка П.Н., Фёдорова И.В., Хищков Д.Э.</i>	
Критичность в сетях с нечеткими продолжительностями операций.....	256
<i>Половинкина А.И.</i>	
Оптимизационная модель штрафов в обеспечении уровня безопасности региона.....	260
<i>Сидоренко Е.А., Шумарин А.В.</i>	
Моделирование оптимальной очередности выполнения строительных проектов на основе обобщения задачи о редакторе.....	264
<i>Гун Г.Е.</i>	
Культура как система: к вопросу о применении системной методологии в гуманитарных науках.....	268
<i>Копанева И.Е.</i>	
Анализ и управление рисками при сделках М&А.....	273
<i>Павлов С.Н.</i>	
Формирование общественного мнения о вузе для использования его в качестве инструмента социального управления	277

**Секция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В УПРАВЛЕНИИ»**

<i>Клименко А.А.</i> Решение задачи о назначениях для группы разработчиков программного обеспечения.....	283
<i>Спиридонов С.В.</i> Параллельные алгоритмы при моделировании стационарных процессов в ГТС.....	289
<i>Ярошенко Е.А.</i> Распараллеливание универсальной многосеточной технологии для решения задач двухфазной фильтрации.....	293
<i>Зверева М.С.</i> Автоматизация процесса управления риском на фондовом рынке.....	297
<i>Сеньковская И.С., Сараев П.В.</i> Автоматическая кластеризация в анализе данных на основе самоорганизующихся карт Кохонена.....	301
<i>Еременко Ю.И., Халапян С.Ю., Ярмуратий Д.Ю.</i> Нейросетевая поведенческая модель оператора АСУ ТП.....	305
<i>Крюков К.В.</i> Онтологический подход к автоматическому выявлению компетенций на основе анализа научных работ.....	309
<i>Губко М.В., Даниленко А.И.</i> Оптимизация иерархических структур с учетом индивидуальных характеристик узлов иерархии.....	313

**Секция «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В МЕТАЛЛУРГИИ
И В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ»**

<i>Голубчик Э.М., Телегин В.Е., Хохлов А.В.</i> Построение адаптационных моделей при проектировании многообъектных технологических систем.....	318
---	-----

<i>Стеблянко В.Л., Пономарев А.П.</i>	
Системный подход к управлению качеством модифицирования металлической поверхности по величине её электрического потенциала.....	321
<i>Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А., Чикишев Д.Н., Шмаков В.И., Жлудов В.В.</i>	
Новые подходы к производственному планированию.....	325
<i>Рубин Г.Ш., Корчунов А.Г., Лысенин А.В.</i>	
Управление результативностью многооперационных технологических процессов.....	327
<i>Осипов Д.С.</i>	
Система менеджмента качества как большая система.....	331
<i>Логинова И.В., Наливайко А.В., Стеблов А.Б., Левандовский С.А., Тулупов О.Н.</i>	
Исследование качественных характеристик арматурного проката класса прочности А500С ГУП «ЛПЗ г. ЯРЦЕВО».....	334
<i>Лимарев А.С.</i>	
Модель управления качеством сортовой продукции.....	338
<i>Черкасов К.Е., Румянцев М.И.</i>	
Возможности совершенствования статистического приёмочного контроля качества толстолистового проката для ОАО «Газпром» и опыт их реализации.....	342
<i>Степанова Е.Н., Шубин И.Г., Румянцев М.И.</i>	
Совершенствование методики оценки результативности системы менеджмента качества метизного производства.....	346
<i>Федосеев С.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю.</i>	
Управление качеством продукции за счет оптимального планирования производства.....	350
<i>Бузунов Е.Г., Мезин И.Ю.</i>	
Управление качеством оцинкованной проволоки при её изготовлении на агрегатах непрерывного действия.....	355

<i>Анисимова Е.А., Локотунина Н.М.</i>	
Разработка математической модели проектирования новых видов профилей высокой жесткости на основе методики оценки прочностных свойств гнутых профилей.....	361
<i>Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А.</i>	
Повышение эффективности управления качеством в металлургии с использованием сбалансированной системы показателей с учетом ограничений.....	365
<i>Гун И.Г., Михайловский И.А.</i>	
Управление качеством изделий на основе регламентации комплекса требований к процессам производства.....	368
<i>Колокольцев В.М., Сеницкий Е.В., Волков С.Ю.</i>	
Аналитические и инженерные критерии оценки абразивной износостойкости отливок как показатель их качества.....	372
<i>Яковлева Е.С.</i>	
Повышение качества продукции на основе оценки метрологического обеспечения производства.....	377

Секция
«ОБЩАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ»

ГЛОБАЛЬНЫЙ МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КВАНТОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

О.В. Батурина

*Институт проблем управления РАН, Москва, Россия,
ol.baturina@mail.ru*

В работах [1, 2] для класса общих нелинейных задач оптимального управления дифференциальными системами со свободным правым концом траектории предложен метод глобального улучшения в рамках теории достаточных условий оптимальности. В методе не осуществляется варьирование относительно улучшаемого управления с параметрической оптимизацией, в отличие, например, от методов условного градиента, игольчатого варьирования.

Решение задач управления квантовыми системами [3] в контексте современных исследований по нанотехнологиям, квантовым компьютерам представляет актуальную и перспективную тематику. Публикация в [1] результатов моделирования оптимального управления молекулярным состоянием вещества с применением глобального метода вызвала интерес физиков [4] к данному методу.

В докладе рассматривается применение метода глобального улучшения В.Ф. Кротова для проблемы оптимального управления системой спинов на примере гамильтониана в форме Ландау-Зинера.

Постановка задачи:

Рассмотрим квантовую систему:

$$i\hbar \dot{\mathbf{y}}(t) = \hat{H}[u(t)]\mathbf{y}(t), \quad \mathbf{y}(0) = \mathbf{x}, \quad (1)$$

где \hbar -- постоянная Планка, $\hat{H}[u(t)]$ -- гамильтониан, $t \in [0, T]$. Функция $u(t)$ -- кусочно-непрерывная, характеризует воздействие внешнего поля. Рассматривается скалярный случай функции $u(t)$. Состояние квантовой системы изучается на сфере единичного радиуса.

Рассматривается вещественнозначный функционал:

$$I(\mathbf{y}, u) = 1 - |\langle \mathbf{y}_G, \mathbf{y}(T) \rangle|^2 \rightarrow \min, \quad |\mathbf{y}_G|^2 = 1, \quad (2)$$

где \mathbf{y}_G -- заданный вектор, $|\cdot|^2$ -- модуль комплексного числа.

Рассматривается гамильтониан в форме Ландау-Зинера:

$$H = \begin{pmatrix} u & w \\ w & -u \end{pmatrix}$$

Система (1) в покомпонентной форме имеет вид:

$$i\hbar\dot{y}_1 = uy_1 + wy_2, \quad i\hbar\dot{y}_2 = wy_1 - uy_2,$$

$$y_1(0) = x_1, \quad y_2(0) = x_2.$$

Целевой критерий:

$$I(y, u) = 1 - |(\overline{y_G})_1 y_1(T) + (\overline{y_G})_2 y_2(T)|^2 \rightarrow \min,$$

Произведем замену переменных $y_1 = z_1 + iz_3, y_2 = z_2 + iz_4$

для записи задачи в действительной форме:

$$\dot{z}_1 = \frac{1}{\hbar}(uz_3 + wz_4),$$

$$\dot{z}_2 = \frac{1}{\hbar}(wz_3 - uz_4),$$

$$\dot{z}_3 = \frac{1}{\hbar}(-uz_1 - wz_2),$$

$$\dot{z}_4 = \frac{1}{\hbar}(-wz_1 + uz_2),$$

$$z(0) = (\operatorname{Re}y_1(0), \operatorname{Re}y_2(0), \operatorname{Im}y_1(0), \operatorname{Im}y_2(0))^T.$$

Полагаем $y_G = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} + i \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$, где a_1, a_2, b_1, b_2 -- действительные числа, удовлетворяющие условию $a_1^2 + a_2^2 + b_1^2 + b_2^2 = 1$.

Критерий оптимальности принимает вид:

$$I(z, u) = 1 - \langle z(T), Lz(T) \rangle \rightarrow \min,$$

$$\text{где } L = \begin{pmatrix} a_1^2 + b_1^2 & a_1a_2 + b_1b_2 & 0 & a_1b_2 - b_1a_2 \\ a_1a_2 + b_1b_2 & a_2^2 + b_2^2 & a_2b_1 - b_2a_1 & 0 \\ 0 & a_2b_1 - b_2a_1 & a_1^2 + b_1^2 & a_1a_2 + b_1b_2 \\ a_1b_2 - b_1a_2 & 0 & a_1a_2 + b_1b_2 & a_2^2 + b_2^2 \end{pmatrix}$$

Функция Понтрягина:

$$H(p, z, u) = \frac{1}{\hbar} [p_1(uz_3 + wz_4) + p_2(wz_3 - uz_4) + p_3(-uz_1 - wz_2) + p_4(-wz_1 + uz_3)].$$

Сопряженная система:

$$\begin{aligned}\dot{p}_1 &= \frac{1}{\hbar}(up_3 + wp_4), \\ \dot{p}_2 &= \frac{1}{\hbar}(wp_3 - up_4), \\ \dot{p}_3 &= \frac{1}{\hbar}(-up_1 - wp_2), \\ \dot{p}_4 &= \frac{1}{\hbar}(-wp_1 + up_2).\end{aligned}$$

Значения компонент $p(T)$ получаются из условия трансверсальности.

Условно вводится ограничение на управление:

$$u(t) \in [-n, n], \quad t \in [0, T], \quad n > 0,$$

для построения решения $\tilde{u} = n \operatorname{sign} K(p(t), z)$, где $K(p(t), z) = H_u(p(t), z, u)$.

Алгоритм улучшения:

Пусть задано начальное управление $u_0(t)$ и соответствующая ему траектория $z_0(t)$.

1. Решая сопряженную систему на процессе (u_0, z_0) , строим функцию p_0 .

2. Замыкая исходную систему управлением $\tilde{u}(t, z)$, находим траекторию $z(t)$ и соответствующее управление $u(t) = \tilde{u}(t, z(t))$.

Пример:

Рассмотрим задачу при следующем наборе данных:

$$z(0) = (1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 0, 0), \quad a_1 = 0,6, \quad a_2 = 0,1, \quad b_1 = -0,3, \quad b_2 = \sqrt{0,54},$$

$$w = \hbar = 1, \quad T = 1,5.$$

Матрица L -- положительно определена. Начальное приближение $u_0(t)$, $t \in [0, T]$ представляет собой решение краевой задачи [4]:

$$\dot{u}_0(t) = 4g(w^2 + u_0^2(t)), \quad g = -\frac{1}{2Tg} \operatorname{arctg}\left(\frac{u_0(0)}{w}\right), \quad u_0(0) = -u_0(T).$$

Частное решение имеет вид:

$$u_0(t) = wtg(2gw(2t - T)), \quad t \in [0, T].$$

Полагаем $u_0(0) = -30, n = 30$.

Результаты применения глобального метода решения поставленной задачи представлены в таблице.

Номер итерации	Значение функционала
0	0,7681
1	0,1401
2	0,0040
3	0,0021
4	0,0015

Глобальный метод обеспечивает быструю релаксацию. Сравнительные эксперименты с привлечением градиентного метода показали, что глобальный метод надежнее, так как учитывает специфику особого оптимального управления и не требует настройки алгоритмических параметров.

Список литературы

1. Krotov V.F. Global methods in optimal control theory. New York : Marcel Dekker, 1996, 408 p.
2. Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления. М.: Наука, 1973, 448 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). 6-е изд. М., 2008, 700 с.
3. Caneva T., Murphy M., Calarco T. etc. Optimal control at the quantum speedlimit // Physical Review Lett., 2009. 103 p.

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧЕ СЛЕЖЕНИЯ

В.А. Уткин, Н.С. Мысик

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва,
Россия, mysik@ipu.ru*

Введение

Несмотря на длительную историю развития теории управления, проблема синтеза систем, функционирующих в условиях неопределенности, остается актуальной и в настоящее время, а проблема подав-

ления/компенсации параметрических и функциональных неопределенностей, а также внешних возмущений относится к ключевым проблемам современной теории автоматического управления.

Классическим способом обеспечения инвариантности к внешним и параметрическим возмущениям, принадлежащим пространству управления, являются системы с разрывными управлениями [1] и глубокими обратными связями [2]. Однако на практике в классе таких систем обеспечивается лишь инвариантность с заданной точностью (ϵ -инвариантность), поскольку частота переключений управлений в реальном скользящем режиме ограничена, а бесконечные коэффициенты в цепи обратной связи физически нереализуемы.

В данной работе рассматривается задача обеспечения инвариантности выходных переменных линейных динамических систем к внешним, неизмеряемым возмущениям в предположении, что условия согласования не выполнены. В основе предлагаемого подхода лежит блочный принцип управления [3], согласно которому исходная система приводится к блочной форме управляемости, представляющей собой цепочку последовательно связанных элементарных блоков. Основная идея работы состоит в формировании локальных обратных связей в виде разрывных функций, что обеспечивает возникновение локальных скользящих режимов и, как следствие, полную инвариантность к внешним возмущениям. Выбор локальных обратных связей непосредственно в виде разрывных функций переводит задачу синтеза в класс обобщенных функций. В ряде работ, в таком случае, используют непрерывную аппроксимацию функции знака с насыщением, что позволяет автоматически учитывать ограничения на фазовые координаты и управляющие воздействия. В данной работе непрерывная аппроксимация функции знака осуществляется за счет расширения пространства состояний.

Постановка задачи

Рассматриваются линейные динамические системы с одним входом и одним выходом при воздействии внешних возмущений, описываемые уравнениями вида:

$$\begin{aligned} \dot{y}_i &= y_{i+1} + q_i^T h(t), & i &= \overline{1, n-1}, \\ \dot{y}_n &= \sum_{i=1}^n a_i y_i + bu + q_n^T h(t), & (1) \end{aligned}$$

где y_i ($i = \overline{1, n}$) – компоненты вектора состояния, y_1 – выходная (регулируемая) переменная, u – управляющее воздействие,

$a_i, b = const, h(t) \in R^q$ – недоступные для измерения внешние возмущения, q_i^T, q_n^T – вектор-строки.

Ставится задача слежения относительно выходной переменной y_1 за задающим воздействием $y_{1z}(t)$ в следующих предположениях:

1. Внешние возмущения являются ограниченными по модулю функциями времени

$$|h(t)| \leq \Lambda = const, \quad (2)$$

2. Задающее воздействие также является ограниченной по модулю функцией времени вместе со своей первой производной

$$|y_{1z}(t)| \leq Y_{z0} = const, \quad |\dot{y}_{1z}(t)| \leq Y_{z1} = const. \quad (3)$$

Отметим, что ограничения (3) можно обеспечить выбором постоянных m_i в динамическом формирователе заданий вида $m_i \dot{w}_i = -w_i + w_{i+1}, i = \overline{1, n-1}, m_n \dot{w}_n = -w_n + y_{1z}(t)$ и в качестве задающей переменной и ее производной рассматривать вектор $w = col(w_1, \dots, w_n)$ [4].

3. На управление и компоненты вектора состояния накладываются следующие ограничения:

$$|u(t)| \leq U = const, \quad |y_i| \leq Y, i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

С учетом того, что на внешние возмущения не накладывается требование гладкости, имеется возможность обеспечить сходимость выходной переменной только в некоторую окрестность заданной траектории. Таким образом, ставится задача стабилизации невязки $\bar{y}_1 = y_1 - y_{1z}$ с точностью до заданного ϵ :

$$|\bar{y}_1(t)| \leq \epsilon, \quad t > t_0 = const > 0. \quad (5)$$

Процедура блочного подхода к решению задачи слежения

Для декомпозиции задачи синтеза будем использовать идеологию блочного принципа управления [3], последовательно (сверху вниз) формируя фиктивные управления в системе (1), в качестве которых в каждой i -й ($i = \overline{1, n-1}$) подсистеме фигурирует переменная y_{i+1} , вплоть до выбора истинного управления.

Шаг 1. Запишем первую подсистему системы (1) относительно ошибки слежения:

$$\dot{\bar{y}}_1 = y_2 - \dot{y}_{1z} + q_1^T \mathbf{h},$$

в которой переменная y_2 трактуется как фиктивное управление и в предположении, что производная по заданию и возмущения неизвестны, выбирается в виде $y_2 = -\mathbf{S}_1(\bar{y}_1)$, где здесь и далее $\mathbf{S}_i(\bar{y}_i)$ – стабилизирующая локальная обратная связь.

На втором шаге следует решить задачу стабилизации невязки между реальным и желаемым фиктивным управлением:

$$\bar{y}_2 = y_2 + \mathbf{S}_1(\bar{y}_1). \quad (6)$$

С учетом (6) первая подсистема примет вид:

$$\dot{\bar{y}}_1 = -\mathbf{S}_1(\bar{y}_1) + \tilde{g}_1 + \bar{y}_2, \quad \tilde{g}_1 = -\dot{y}_{1z} + q_1^T \mathbf{h}. \quad (7)$$

Шаг 2. Запишем дифференциальное уравнение относительно невязки (6)

$$\dot{\bar{y}}_2 = y_3 + q_2^T \mathbf{h} + \frac{\partial \mathbf{S}_1}{\partial \bar{y}_1} (-\mathbf{S}_1(\bar{y}_1) - \dot{y}_{1z} + q_1^T \mathbf{h} + \bar{y}_2).$$

Представим последние два слагаемых в виде суммы известной

$$\bar{g}_2(\bar{y}_1, \bar{y}_2) = \frac{\partial \mathbf{S}_1}{\partial \bar{y}_1} (-\mathbf{S}_1(\bar{y}_1) + \bar{y}_2) \quad \text{и} \quad \text{неизвестной}$$

$$\tilde{g}_2(\bar{y}_1, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}) = q_2^T \mathbf{h} + \frac{\partial \mathbf{S}_1}{\partial \bar{y}_1} (q_1^T \mathbf{h} - \dot{y}_{1z}) \text{ компонент.}$$

$$\dot{\bar{y}}_2 = y_3 + \bar{g}_2(\bar{y}_1, \bar{y}_2) + \tilde{g}_2(\bar{y}_1, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}).$$

В полученном уравнении переменная y_3 трактуется как фиктивное управление и выбирается в виде

$$y_3 = -\bar{g}_2(\bar{y}_1, \bar{y}_2) - \mathbf{S}_2(\bar{y}_2).$$

Шаг 3. На третьем шаге требуется обеспечить стабилизацию невязки

$$\bar{y}_3 = y_3 + \bar{g}_2(\bar{y}_1, \bar{y}_2) + \mathbf{S}_2(\bar{y}_2). \quad (8)$$

Уравнение второй подсистемы примет вид:

$$\dot{\bar{y}}_2 = -\mathbf{S}_2(\bar{y}_2) + \tilde{g}_2(\bar{y}_1, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}) + \bar{y}_3. \quad (9)$$

В дифференциальном уравнении относительно невязки (8), аналогично предыдущему шагу, выделим известные и неизвестные компоненты

$$\dot{\bar{y}}_3 = y_4 + \bar{g}_3(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3) + \tilde{g}_3(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}). \quad (10)$$

Вводя уравнения невязки

$$\bar{y}_4 = y_4 + \bar{g}_3(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3) + \mathbf{S}_3(\bar{y}_3) \quad (11)$$

уравнение (10) примет вид:

$$\dot{\bar{y}}_3 = -\mathbf{S}_3(\bar{y}_3) + \tilde{\mathbf{g}}_3(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}) + \bar{y}_4. \quad (12)$$

И запишем уравнение, описывающее невязку (11)

$$\dot{\bar{y}}_4 = y_5 + q_4^T \mathbf{h} + \dot{\bar{g}}_3(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3) + \dot{\mathbf{S}}_3(\bar{y}_3). \quad (13)$$

Далее снова выделяем известные и неизвестные слагаемые, запишем уравнение (13) в виде

$$\dot{\bar{y}}_4 = y_5 + \bar{g}_4(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4) + \tilde{\mathbf{g}}_4(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h})$$

в котором переменная y_5 выбирается в виде:

$$y_5 = -\bar{g}_4(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4) - \mathbf{S}_4(\bar{y}_4).$$

Продолжая указанную процедуру, получим на последнем шаге подсистему вида

$$\dot{\bar{y}}_n = bu + \bar{g}_n(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n) + \tilde{\mathbf{g}}_n(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_{n-1}, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h})$$

и, выбирая $bu = -\bar{g}_n(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_n) - \mathbf{S}_n(\bar{y}_n)$, получим замкнутую систему:

$$\begin{aligned} \dot{\bar{y}}_i &= -\mathbf{S}_i(\bar{y}_i) + \tilde{\mathbf{g}}_i(\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{i-1}, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}) + \bar{y}_{i+1}, \quad i = \overline{1, n-1}, \\ \dot{\bar{y}}_n &= -\mathbf{S}_n(\bar{y}_n) + \tilde{\mathbf{g}}_n(\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{n-1}, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h}). \end{aligned} \quad (14)$$

Выберем в последней подсистеме системы (14) стабилизирующую обратную связь в виде разрывной функции $\mathbf{S}_n(\bar{y}_n) = M \text{sign} \bar{y}_n$, $M > 0$. Тогда при выполнении достаточных условий $(M > |\tilde{\mathbf{g}}_n(\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{n-1}, \dot{y}_{1z}, \mathbf{h})|)$ [1] в последней подсистеме системы (14) возникнет скользящий режим на поверхности $\bar{y}_n = 0$ и за конечное время обеспечивается стабилизация переменной \bar{y}_n . Далее обеспечивается e -инвариантность переменной \bar{y}_1 , например, за счет использования глубоких обратных связей.

Синтез локальных обратных связей в классе разрывных функций

Для решения поставленной задачи можно выбрать локальные обратные связи в виде разрывных функций, что позволит автоматически учесть ограничения и решить задачу стабилизации относительно переменной \bar{y}_1 в системе (10) за счет организации локальных сколь-

зующих режимов:

$$s_i(\bar{y}_i) = f_i(\bar{y}_i) \text{sign}(\bar{y}_i),$$

$$i = \overline{1, n-1}, \quad s_n(\bar{y}_n) = M \text{sign}(\bar{y}_n), \quad M > 0, \quad (15)$$

где

$$f_1(\bar{y}_1) = \begin{cases} Y, & |\bar{y}_1 + \bar{y}_{1z} + \mathbf{g}_1| \geq Y, \\ \sqrt{|\bar{y}_1| + \mathbf{g}_1}, & |\bar{y}_1 + \bar{y}_{1z} + \mathbf{g}_1| < Y; \end{cases}$$

$$f_2(\bar{y}_2) = \begin{cases} Y, & |\bar{y}_2 - s_1(\bar{y}_1) + \mathbf{g}_1| \geq Y, \\ \sqrt{|\bar{y}_2| + \mathbf{g}_2}, & |\bar{y}_2 - s_1(\bar{y}_1) + \mathbf{g}_1| < Y; \end{cases}$$

$$f_i(\bar{y}_i) = \begin{cases} Y, & |\bar{y}_i - s_{i-1}(\bar{y}_{i-1}) - \bar{g}_{i-1}(\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{i-1}) + \mathbf{g}_i| \geq Y, \\ \sqrt{|\bar{y}_i| + \mathbf{g}_i}, & |\bar{y}_i - s_{i-1}(\bar{y}_{i-1}) - \bar{g}_{i-1}(\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{i-1}) + \mathbf{g}_i| < Y \end{cases}$$

$$, \quad i = \overline{3, n-1}$$

и $\mathbf{g}_j > 0$ ($j = \overline{1, n-1}$) – константы. С теоретической точки зрения, при выполнении достаточных условий $f_1(\bar{y}_1) > \left| -\dot{y}_{1z} + q_1^T \mathbf{h} + \bar{y}_2 \right|$ первая подсистема системы (14) будет функционировать в скользящем режиме, при этом обеспечивается полная инвариантность выходной переменной \bar{y}_1 к внешним возмущениям.

Учитывая, что в процедуре блочного подхода присутствуют производные от фиктивных управлений (которые являются разрывными функциями), возникает проблема описания решений дифференциальных уравнений замкнутой системы (14) в классе обобщенных функций. Дополнительные сложности возникают в связи бесконечной частотой чередования дельта-функций различных порядков. Учитывая техническую нереализуемость обратных связей в классе разрывных функций, далее предлагается процедура стабилизации ошибки слежения \bar{y}_1 с заданной точностью за счет расширения пространства состояний.

На первом шаге введем высокочастотный фильтр первого порядка вида

$$m_1 \dot{z}_1 = -z_1 + S_1(\bar{y}_1).$$

Тогда первое уравнение системы (14) примет вид

$\dot{\bar{y}}_1 = -z_1 + q_1^T \mathbf{h} - \dot{y}_{1z} + \bar{y}_2$. Невязка между реальным и желаемым фиктивным управлением примет вид

$$\bar{y}_2 = y_2 + z_1, \quad (16)$$

и в предельном случае при $\mathbf{m}_1 = \mathbf{0}$ совпадает с (6).

На втором шаге в дифференциальном уравнении относительно невязки (16)

$$\dot{\bar{y}}_2 = y_3 + q_2^T \mathbf{h} + \frac{1}{\mathbf{m}_1} (-z_1 + \mathbf{s}_1(\bar{y}_1))$$

выберем фиктивное управление y_3 в виде $y_3 = -z_2$ и расширим пространство состояний за счет динамического компенсатора $\mathbf{m}_2 \dot{z}_2 = -z_2 + \mathbf{s}_2(\bar{y}_2)$.

На третьем шаге решается задача стабилизации невязки $\bar{y}_3 = y_3 + z_2$, дифференциальное уравнение относительно которой имеет вид

$$\dot{\bar{y}}_3 = y_4 + q_3^T \mathbf{h} + \frac{1}{\mathbf{m}_2} (-z_2 + \mathbf{s}_2(\bar{y}_2)).$$

Таким образом, на i -м шаге решается задача стабилизации невязки

$$\bar{y}_i = y_i + z_{i-1}, \quad i = \overline{2, n-1},$$

дифференциальное уравнение относительно которой имеет вид

$$\begin{aligned} \dot{\bar{y}}_i &= y_{i+1} + q_i^T \mathbf{h} + \frac{1}{\mathbf{m}_{i-1}} (-z_{i-1} + \mathbf{s}_{i-1}(\bar{y}_{i-1})), \\ i &= \overline{2, n-1} \end{aligned} \quad (17)$$

с динамическим компенсатором

$$\mathbf{m}_{i-1} \dot{z}_{i-1} = -z_{i-1} + \mathbf{s}_{i-1}(\bar{y}_{i-1}), \quad i = \overline{2, n-1}.$$

В (17) переменная y_{i+1} трактуется как фиктивное управление и выбирается в виде $y_{i+1} = -z_i$.

Продолжая данную процедуру, на n -м требуется обеспечить стабилизацию невязки $\bar{y}_n = y_n + z_{n-1}$ с помощью выбора истинного управления u , где $\mathbf{m}_{n-1} \dot{z}_{n-1} = -z_{n-1} + \mathbf{s}_{n-1}(\bar{y}_{n-1})$.

Выбор предложенных выше локальных обратных связей и закона управления

$$bu = -\sum_{i=1}^n a_i y_i - \mathbf{s}_n(\bar{y}_n), \quad (18)$$

приведет к замкнутой системе

$$\begin{aligned} \dot{\bar{y}}_1 &= -z_1 + q_1^T \mathbf{h} - \dot{y}_{1z} + \bar{y}_2, \\ \mathbf{m}_{i-1} \dot{z}_{i-1} &= -z_{i-1} + \mathbf{s}_{i-1}(\bar{y}_{i-1}), \quad i = \overline{2, n-1}, \\ \dot{\bar{y}}_i &= \bar{y}_{i+1} - z_i + q_i^T \mathbf{h} + \frac{1}{\mathbf{m}_{i-1}} (-z_{i-1} + \mathbf{s}_{i-1}(\bar{y}_{i-1})), \\ \mathbf{m}_{n-1} \dot{z}_{n-1} &= -z_{n-1} + \mathbf{s}_{n-1}(\bar{y}_{n-1}), \\ \dot{\bar{y}}_n &= -\mathbf{s}_n(\bar{y}_n) + q_n^T \mathbf{h} + \frac{1}{\mathbf{m}_{n-1}} (-z_{n-1} + \mathbf{s}_{n-1}(\bar{y}_{n-1})). \end{aligned} \quad (19)$$

На основе уравнений замкнутой системы (19) с помощью второго метода Ляпунова получены неравенства для выбора оценок значений постоянных фильтров $\mathbf{m}_i, i = \overline{1, n-1}$, при которых обеспечивается заданная точность стабилизации ошибки слежения \bar{y}_1 с учетом ограничений (2)-(4).

Заключение

В рамках блочного подхода разработан метод синтеза инвариантных систем в задаче слежения с учетом ограничений на фазовые переменные и управление. Преимущества систем с разрывными управлениями, которые позволяют обеспечить инвариантность к внешним ограниченным по модулю возмущениям, в данной работе реализованы в допредельной ситуации. Предложен динамический способ аппроксимации разрывных локальных связей за счет расширения пространства состояний. Предложенный подход может быть распространен на линейные управляемые системы общего вида с векторными выходными переменными и управлениями.

Список литературы

1. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления. М.: Наука, 1981.

2. Мееров М.В. Системы многосвязанного регулирования. М.: Наука, 1965.

3. Уткин В.А. Инвариантность и автономность в системах с разделяемыми движениями // АиТ. 2001. № 11. С. 73–94.

4. Нгуен Куанг Хынг, Уткин В.А. Задачи управления двигателем постоянного тока // АиТ. № 5. 2006. С. 102–118.

ЗАДАЧА СЛЕЖЕНИЯ В ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ

А.В. Уткин

*Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН Москва,
Россия, autkin@ipu.ru*

ВВЕДЕНИЕ

В работе предложено решение задачи слежения при неустойчивой нулевой динамике в линейных системах с одним входом [1].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается задача стабилизации линейной динамической системы с одним входом и с одним выходом вида

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad y_1 = d^T x, \quad (1)$$

где $x \in R^n$, $u, y_1 \in R$ - вектор состояний, управление и выходная координата, соответственно, пара матриц (A, b) - управляемая и пара матриц (d, A) наблюдаемая.

Ставится задача слежения [3-4] выходной координаты за заданным сигналом $y_{1z}(t) : \bar{y}_1 = y_1 - y_{1z} \rightarrow 0$.

2. СИНТЕЗ ЗАДАЧИ СЛЕЖЕНИЯ

Система (1) в невязках $\bar{y}_i = y_i - h^{(i)}(t)$, $i = \overline{1, \nu}$ и их производных может быть записана в виде:

$$\begin{aligned} \dot{\bar{y}}_i &= d^T A^i x - h^{(i)} = \bar{y}_{i+1}, \quad i = \overline{1, \nu-1}, \\ \dot{\bar{y}}_\nu &= a_{11}^T \bar{y} + a_{10}^T x_0 - h^{(\nu)} + bu, \\ \dot{x}_0 &= A_{00} x_0 + A_{01}(\bar{y} + h) + b_0 u, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\bar{y} = \text{col}(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_v)$ - вектор выходных переменных, x_0 - вектор нулевой динамики, $h = \text{col}(h, \dot{h}, \dots, h^{v-1})$ - вектор заданий и его производные, v - относительная степень системы, $b \neq 0$. В случае если $\text{Re} I_i(A_{00} - b_0 b_1^{-1} a_{10}^T) < 0$, где I_i - собственные числа матрицы $(A_{00} - b_0 b_1^{-1} a_{10}^T)$ то нулевая динамика системы устойчива, что существенно ограничивает класс систем, для которых задача слежения имеет решение. В противном случае сделаем замену $\bar{x}_0 = x_0 + l \bar{y}_v$, $l = -b^{-1} b_0$ с тем чтобы, вытеснить истинные управления из уравнений нулевой динамики. Тогда система (2) будет иметь следующую структуру:

$$\begin{aligned} \dot{\bar{y}}_i &= d^T A^i x - H^{(i)} - f_{0i} x_0^{(i)} = \bar{y}_{i+1}, \quad i = \overline{1, v-1}, \\ \dot{\bar{y}}_v &= a_{11}^T \bar{y} + a_{10}^T x_0 - h^{(v)} + bu, \\ \dot{\bar{x}}_0 &= \bar{A}_{00} \bar{x}_0 + \bar{A}_{01} (\bar{y} + h) - lh^{(v)}. \end{aligned} \quad (3)$$

В случае неустойчивой нулевой динамики, определяемая матрицей A_{00} введем замену выходных переменных вида $\tilde{y} = \bar{y} - F_0 x_0$ и запишем исправленную систему (3) с учётом замены переменных:

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{y}}_i &= d^T A^i x - H^{(i)} - f_{0i} x_0^{(i)} = \tilde{y}_{i+1}, \quad i = \overline{1, v-1}, \\ \dot{\tilde{y}}_v &= a_{11}^T \tilde{y} + a_{10}^T x_0 - h^{(v)} + bu, \\ \dot{\tilde{x}}_0 &= (\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01} F_0) \tilde{x}_0 + \bar{A}_{01} h - lh^{(v)}. \end{aligned} \quad (4)$$

В первых двух системах выбором истинных управлений, например, в классе разрывных функций [1-3] возможно обеспечить стабилизацию вектора выходных переменных. При этом обеспечивается соотношение $\tilde{y} = \bar{y} - F_0 \bar{x}_0 = 0$. Выбором F_0 так, чтобы матрица $(\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01} F_0)$ была устойчивой. Поскольку нулевая динамика содержит задание и его производные соотношение $F_0 \bar{x}_0 \rightarrow 0$ не выполняется и задача слежения не решается.

Для решения задачи слежения предлагается в указанную выше замену выходных переменных добавить слагаемое зависящее от заданного сигнала и его производных: $\tilde{y} = \bar{y} - F_0 \bar{x}_0 + Qh$.

Тогда структура системы (4) не изменится.

При выполнении условия стабилизации вектора выходных переменных $\tilde{y} = 0$ уравнения нулевой динамики принимают вид

$$\dot{\bar{x}}_0 = (\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01}F_0)\bar{x}_0 + \bar{A}_{01}(\mathbf{h} + Q\mathbf{h}) - l\mathbf{h}^{(v)}.$$

Уравнения статики [2] $\dot{\bar{x}}_0 = 0$ с учётом $\tilde{\mathbf{y}} = 0$ примут вид:

$$\bar{x}_0(\infty) = -(\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01}F_0)^{-1}[\bar{A}_{01}(I - Q)\mathbf{h} - l\mathbf{h}^{(v)}],$$

$$\tilde{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{y}} + F_0(\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01}F_0)^{-1}[\bar{A}_{01}(I - Q)\mathbf{h} - l\mathbf{h}^{(v)}] + Q\mathbf{h}.$$

Задача слежения имеет решение, если существуют такие матрицы F_0 и Q , что выполняется условия:

$$1. \operatorname{Re} I_i(\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01}F_0) < 0$$

$$2. F_0(\bar{A}_{00} + \bar{A}_{01}F_0)^{-1}[\bar{A}_{01}(I - Q)\mathbf{h} - l\mathbf{h}^{(v)}] + Q\mathbf{h} = 0.$$

3. ПРИМЕР

Рассмотрим систему второго порядка:

$$\dot{x}_1 = -x_1 - x_2 + u, \quad \dot{x}_2 = 2u \quad (1)$$

Перепишем систему согласно рассматриваемой задаче слежения $\bar{x}_1 = x_1 - \mathbf{h}(t)$:

$$\dot{\bar{x}}_1 = -\bar{x}_1 - \mathbf{h} - x_2 - \dot{\mathbf{h}} + u, \quad \dot{x}_2 = 2u. \quad (2)$$

Введя замену переменных $\bar{x}_2 = x_2 - 2\bar{x}_1$ получим:

$$\dot{\bar{x}}_1 = -3\bar{x}_1 - \mathbf{h} - \bar{x}_2 - \dot{\mathbf{h}} + u, \quad \dot{\bar{x}}_2 = 6\bar{x}_1 + 2\mathbf{h} + 2\bar{x}_2 - 2\dot{\mathbf{h}}. \quad (3)$$

Относительно полученной системы можно говорить о неустойчивости нулевой динамики. Для наглядности введём переобозначения согласно теоретическому разделу $\bar{\mathbf{y}} = \bar{x}_1$, $\bar{x}_0 = \bar{x}_2$ и перепишем систему в виде:

$$\dot{\bar{\mathbf{y}}} = -3\bar{\mathbf{y}}_1 - \mathbf{h} - \bar{x}_0 - \dot{\mathbf{h}} + u, \quad \dot{\bar{x}}_0 = 6\bar{\mathbf{y}} + 2\mathbf{h} + 2\bar{x}_0 - 2\dot{\mathbf{h}}. \quad (4)$$

Выполним следующую замену переменных:

$$\tilde{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{y}} + \frac{1}{2}k_1\bar{x}_0 + q_1\mathbf{h} + q_2\dot{\mathbf{h}}$$

и подставим во второе уравнение. Тогда, система (4) примет вид:

$$\dot{\tilde{\mathbf{y}}} = -3\tilde{\mathbf{y}}_1 - \mathbf{h} - \bar{x}_0 - \dot{\mathbf{h}} + u + \frac{1}{2}(6\tilde{\mathbf{y}} + 2\mathbf{h} + 2\bar{x}_0 - 2\dot{\mathbf{h}}) + q_1\dot{\mathbf{h}} + q_2\ddot{\mathbf{h}}, \quad (5)$$

$$\dot{\bar{x}}_0 = -k_1\bar{x}_0 + 6\tilde{\mathbf{y}} - 6(q_1\mathbf{h} + q_2\dot{\mathbf{h}}) - 2\dot{\mathbf{h}} + 2\mathbf{h}.$$

При достаточно большом коэффициенте k_1 выпишем уравнение статики $\dot{\bar{x}}_0 = 0$ для второй подсистемы с учетом $\tilde{\mathbf{y}} = 0$:

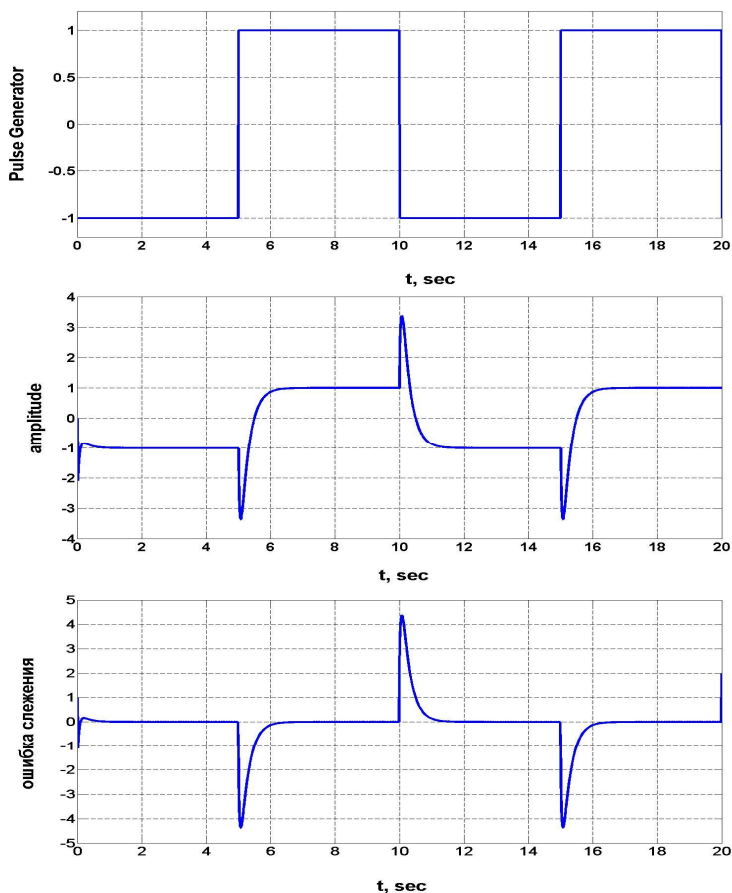
$$\bar{x}_0(\infty) = \frac{1}{k_1}(6(q_1\mathbf{h} + q_2\dot{\mathbf{h}}) - 2\dot{\mathbf{h}} + 2\mathbf{h})$$

Подставляя в (5) получим:

$$\tilde{y} = \bar{y} + \frac{1}{2}[6(q_1 h + q_2 h) - 2h + 2h] + q_1 h + q_2 h \text{ и выбирая } q_1 = \frac{1}{2},$$

$q_2 = -\frac{1}{2}$ имеем $\tilde{y} = \bar{y}$, что и решает задачу слежения.

Результаты моделирования для примера (1) приведены на рисунке.



Список литературы

1. Уонем У.М. Линейные многомерные системы управления. Геометрический подход. М.: Наука, 1980.
2. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и

управления. М.: Наука, 1987.

3. Ахобадзе А.Г., Краснова С.А. Задача слежения в линейных многомерных системах при наличии внешних возмущений // *АиТ*. 2009. №6. С. 21–47.

4. Уткин В.А. Инвариантность и автономность в системах с разделяемыми движениями // *АиТ*. 2001. №11. С. 73–94.

РОБАСТНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МНОГОРЕЖИМНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ С ДИФFUЗИОННОЙ МОДЕЛЬЮ С МАРКОВСКИМИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМИ

Т.Е. Жилина

*Арзамасский политехнический институт
(филиал НГТУ им. П.Е. Алексеева), Арзамас, Россия, zhilina@apingu.edu.ru*

Рассматривается задача робастной стабилизации многорежимной непрерывной линейной системы с неопределенными параметрами. Строится стохастическая система сравнения в виде диффузионной модели Ито с марковскими переключениями, из устойчивости которой в среднем квадратическом следует асимптотическая устойчивость системы с неопределенными параметрами в каждом режиме.

Рассмотрим систему с марковскими переключениями, описываемую уравнениями

$$\dot{x}_t = A_i x_t + B_i u_t + \sum_{l=1}^m s_l(t) [A_{li} x_t + B_{li} u_t], \quad (1)$$

$$y_t = C_i x_t, \quad t \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где $x_t \in \mathbf{R}^n$ – вектор состояния; $u_t \in \mathbf{R}^m$ – вектор входных переменных; $y_t \in \mathbf{R}^k$ – вектор выходных переменных; $A_l, A_{li}, B_l, B_{li}, (l = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n)$ – матрицы размеров $n \times n$ и $n \times m$ соответственно; C_i – матрица размера $k \times n$, имеющая полный ранг по строкам; $s_l(t), t \geq 0, l = 1, \dots, m$ – неопределенные параметры такие, что

$$|s_l(t)| \leq d_l, \quad t \geq 0, \quad d_l > 0, \quad l = 1, \dots, m. \quad (3)$$

Задача состоит в нахождении управления с обратной связью по выходу

$$u_t = -F y_t, \quad (4)$$

обеспечивающего устойчивость замкнутой системы (1) при любых неопределенностях параметров, удовлетворяющих ограничениям (3).

Наряду с (1) рассмотрим стохастическую непрерывную систему

$$dx_t = A_{cai}x_t + \sum_{l=1}^m S_l(t)A_{cli}x_t dw_{lt}, \quad (5)$$

$$y_t = C_i x_t, \quad t \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, \quad (6)$$

где $A_{cai} = A_{ci} + aI$, $A_{ci} = A_i - B_i FC_i$, $A_{cli} = A_{li} - B_{li} FC_i$, $a > 0$; w_{lt} ($l = 1, \dots, m$) – стандартный винеровский процесс, определенный на полном вероятностном пространстве $(\Omega, \mathbf{F}, \mathbf{P})$ с естественной фильтрацией \mathbf{F}_t , порожденной процессом w до момента t включительно.

Решение основано на следующей теореме, которая обобщает результат [1], [2] на случай многорежимных систем вида (1)

Теорема 1. Предположим, что существуют матрицы $P \in \mathbf{P}^n$, $P = P^T > 0$, $M_{li}, N_{li} \in \mathbf{R}^{n \times n}$, $l = 1, \dots, m$, $i = 1, \dots, n$ и отображение $\Phi_i : \mathbf{P}^n \rightarrow \mathbf{S}^n$, такие что

$$M_{li}^T N_{li} + N_{li}^T M_{li} = A_{cli}^T P + P A_{cli}, \quad (7)$$

$$A_{cli}^T P + P A_{cli} + \Phi_i(P) \leq 0, \quad (8)$$

$$\sum_{l=1}^m d_l (M_{li}^T M_{li} + N_{li}^T N_{li}) < \Phi_i(P). \quad (9)$$

Тогда (4) обеспечивает робастную устойчивость системы (1).

Доказательство: Из условия (3) и (7) следует, что

$$\begin{aligned} 0 &\leq \left[d_l^{1/2} M_{li} - d_l^{-1/2} S_l(t) N_{li} \right]^T \left[d_l^{1/2} M_{li} - d_l^{-1/2} S_l(t) N_{li} \right] = \\ &= d_l M_{li}^T M_{li} + d_l^{-1} S_l^T(t) N_{li}^T N_{li} - S_l(t) \left[M_{li}^T N_{li} + N_{li}^T M_{li} \right] \leq \\ &\leq d_l \left[M_{li}^T M_{li} + N_{li}^T N_{li} \right] - S_l(t) \left[A_{cli}^T P + P A_{cli} \right]. \end{aligned}$$

Откуда

$$S_l(t) \left[A_{cli}^T P + P A_{cli} \right] \leq d_l \left[M_{li}^T M_{li} + N_{li}^T N_{li} \right], \quad l = 1, \dots, m, \quad i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

Определим функцию Ляпунова

$$V(x) = x^T P x. \quad (11)$$

Производная функции (11) в силу системы (5) определится выражением

$$\dot{V}(x) = \dot{x}_t^T P x_t + x_t^T P \dot{x}_t = x_t^T \left[A_{ci}^T P + P A_{ci} \right] x_t + x_t^T \left[\sum_{l=1}^m S_l(t) A_{cli}^T P + P A_{cli} \right] x_t.$$

Используя (8) и (10), получим

$$\dot{V}(x) \leq -x_t^T \left[\Phi_i(P) - \sum_{l=1}^m d_l (M_{li}^T M_{li} + N_{li}^T N_{li}) \right] x_t.$$

Условие (9) предполагает, что существует $b > 0$ такое, что $\dot{V}(x_t) \leq -b \|x_t\|^2$, где $\|x_t\|$ – евклидова норма вектора.

Последнее неравенство, в силу теоремы Барбашина-Красовского, означает, что тривиальное решение уравнения (5) асимптотически устойчиво в целом и, таким образом, закон управления (4) одновременно стабилизирует все системы из множества (1) при неопределенностях параметров, удовлетворяющих (3).

Рассмотрим следующую стохастическую систему

$$dx_t = [A_a(r_t)x_t + B(r_t)u_t]dt + \sum_{l=1}^m g_l [A_l(r_t)x_t + B_l(r_t)u_t]dw_{lt}, \quad (12)$$

$$y_t = C(r_t)x_t, \quad t \geq 0, \quad (13)$$

где $A_{ai} = A_i + aI$, $a > 0$, $A_i = A(r_t)$, $B_i = B(r_t)$, $C_i = C(r_t)$, $A_{li} = A_l(r_t)$, $B_{li} = B_l(r_t)$, $l = 1, \dots, m$, r_t – однородная марковская цепь с пространством состояний $\mathbf{N} = \{1, 2, \dots, n\}$ и матрицей интенсивностей

$$P(q) = [P_{ij}(q)]_1^n = \left[\Pr \text{ob} \{r(t+q) = j | r(t) = i\} \right]_1^n = \exp(\Pi q),$$

$$0 \leq t \leq t+q, \Pi = [p_{ij}]_1^n, \quad p_{ij} > 0, (i \neq j), p_{ii} = -\sum_{j \neq i} p_{ij};$$

остальные значения те же самые, что и раньше.

Справедливо следующее утверждение.

Теорема 2. Предположим, что для системы (12), (13) с управлением (4) существует квадратичная функция Ляпунова вида (11) такая, что $LV(x) \leq 0$ и

$$a > \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \frac{d_l^2}{g_l^2}. \quad (14)$$

Тогда это управление одновременно стабилизирует все системы из множества (1), (2) при любых неопределенностях параметров, удовлетворяющих (3).

Доказательство: Производящий дифференциальный оператор системы (12) с управлением (4) для квадратичной функции (11) запишется в виде

$$LV(x) = x_t^T \left[A_{ci}^T P + P A_{ci} + 2aP + \sum_{l=1}^m g_l^2 A_{cli}^T P A_{cli} \right] x_t.$$

Определим

$$\Phi_i(P) = 2aP + \sum_{l=1}^m g_l^2 A_{cli}^T P A_{cli},$$

$$M_{ii} = \left(\frac{g_i^2}{d_i} \right)^{1/2} P^{1/2} A_{cli}, \quad N_{ii} = \left(\frac{d_i}{g_i^2} \right)^{1/2} P^{1/2},$$

тогда, принимая во внимание, что $LV(x) \leq 0$, можно видеть, что справедливы (7), (8). Более того,

$$\sum_{i=1}^m d_i (M_{ii}^T M_{ii} + N_{ii}^T N_{ii}) - \Phi_i(P) = \left(\sum_{i=1}^m \frac{d_i^2}{g_i^2} - 2a \right) P.$$

В силу (14) существует $b > 0$ такое, что выполняется (9). Тогда в соответствии с теоремой 1 этим доказано, что тривиальное решение уравнения (5) асимптотически устойчиво в целом, и закон управления (4) одновременно стабилизирует все системы из множества (1), (2) при любых неопределенностях параметров, удовлетворяющих (3). Для нахождения матрицы усиления можно воспользоваться алгоритмом, предложенным в [3]

Список литературы

1. Bernstein D.S. Robust static and dynamic output-feedback stabilization: Deterministic and stochastic perspectives // IEEE Trans. Automat. Control. 1987. V. AC-32, p. 1076-1084.
2. Пакшин П.В. Экспоненциальная диссипативность диффузионных процессов случайной структуры и задачи робастной стабилизации // АИТ. 2007. № 10. С. 134-154.
3. Pakshin P.V., Peaucelle D., Zhilina T. Ye. Parametrization and convex approximation approach to stabilization via output feedback // Journal of Cybernetics and Informatics, 2010. С. 29-38.

УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕСНЫМ РОБОТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ

С.А. Кочетков

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва,
kos@ipu.ru*

1. Введение

Проблемы управления мобильными роботами в последние годы привлекают значительный интерес специалистов по теории управления [1–4]. В стандартных постановках траекторной задачи предполагается, что желаемая траектория задается на плоскости в аналитическом виде или в текущий момент времени, задается постоянная или пере-

менная скорость движения мобильного робота по заданной траектории. Решение проблемы включает: анализ разрешимости поставленной задачи, в частности, оценку области притяжения для конкретных типов мобильных роботов и заданных траекторий движения; обеспечение попадания на заданную траекторию в различных постановках, в частности попадание по наикратчайшему пути; синтез управления, обеспечивающего движение по заданной траектории с заданной скоростью.

В данной работе предлагается решение указанного выше комплекса задач управления мобильными роботами с двумя независимыми приводными колесами с двигателями постоянного тока. Главная особенность заключается в том, что желаемые траектории порождаются автономной динамической моделью, имеющей структуру динамической модели объекта управления, что заведомо делает их реализуемыми.

2. Постановка задачи

Рассматривается кинематическая модель мобильного робота с двумя ведущими колесами, в системе координат, связанной с желаемой траекторией движения [5]:

$$(2.1) \quad \dot{\tilde{x}}_1 = u \cos \tilde{x}_3 - w_r + w_r \tilde{x}_2, \quad \dot{\tilde{x}}_2 = -w_r \tilde{x}_1 + u \sin \tilde{x}_3, \quad \dot{\tilde{x}}_3 = w - w_r,$$

где $\tilde{x}_i = x_i - x_{ir}$, $i = 1, 3$ – координаты и угловое положение робота в систем координат, связанной с траекторией, x_i, x_{ir} – абсолютные координаты робота и центра системы координат, связанной с траекторией, $u = [(w_1 + w_2)/2]r$ – линейная скорость движения центра масс робота; $w = [(w_1 - w_2)/d]r$ – угловая скорость поворота робота относительно центра масс, w_1, w_2 – угловые скорости ведущих колес, r – радиус колес, d – длина оси ведущих колес.

В качестве исполнительных устройств, реализующих управляющие моменты на колесах робота, рассматриваются двигатели постоянного тока с постоянными магнитами, математическая модель которых может быть представлена в виде

$$(2.2) \quad \dot{w} = e + c_1, \quad \dot{e} = -Re - c_1 c_2 w + (r/d)c_1(u_1 - u_2), \\ \dot{u} = a + c_2, \quad \dot{a} = -Ra - c_1 c_2 u + (r/2)c_1(u_1 + u_2),$$

где $e = (r/d)[\tilde{x}_4 - \tilde{x}_5]$, $a = (r/2)[\tilde{x}_4 + \tilde{x}_5]$ – угловое и линейное ускорения центра масс мобильного робота, \tilde{x}_4, \tilde{x}_5 – токи якоря, R – сопротивление ротора, c_1, c_2 – конструктивные коэффициенты, определяе-

мые параметрами двигателя, а также приведенным моментом инерции колеса (с учетом момента инерции робота); $c_1 = (r/d)x_1$, $c_2 = (r/2)x_2$, x_1, x_2 – внешние ограниченные возмущения, например, моменты сил сопротивления; $|u_i| \leq U_i = \text{const}$, $i = 1, 2$ – ограниченные управляющие воздействия (напряжения на якорях двигателей).

Генератор заданий выбирается в форме, аналогичной модели объекта управления (2.1), (2.2)

$$\begin{aligned} \dot{s} &= [u_r / (\sqrt{[(h_1)'_s]^2 + [(h_2)'_s]^2})], \dot{x}_{1r} = u_r(t) \cos x_{3r}, \\ \dot{x}_{2r} &= u_r(t) \sin x_{3r}, \dot{x}_{3r} = w_r(t) = \frac{(h_2)''_s (h_1)'_s - (h_1)''_s (h_2)'_s}{([(h_1)'_s]^2 + [(h_2)'_s]^2)^{(3/2)}} u_r, \\ \dot{u}_r &= a_r, \dot{a}_r = -Ra_r - c_1 c_2 u_r + (r/2) c_1 u_r, \end{aligned}$$

где $u_r(t)$ – желаемая линейная скорость движения, a_r – желаемое линейное ускорение, u_r – корректирующее воздействие задающего генератора, для которого выполняются ограничение $|u_r| \leq U_1 + U_2$, $h_i(s) \in C^4$, $i = 1, 2$, s – параметр пути, $(h_i)'_s, (h_i)''_s$ ($i = 1, 2$) – первые и вторые производные от функций h_i по переменной s .

Ставится задача стабилизации вектора невязок системы (2.1) в предположении, что компоненты векторов состояния систем (2.1), (2.2) доступны для измерения.

3. Синтез алгоритма управления

Решение задачи синтеза управлений в системе (2.1) и (2.2) основано на пошаговой декомпозиции с использованием блочного подхода [5, 6].

Шаг 1. Введем новые переменные $e_{11} = (\tilde{x}_1^2 + \tilde{x}_2^2)/2$, $\text{tg} j = (\tilde{x}_2 / \tilde{x}_1)$, $\text{tg} \tilde{x}_3$. Фиктивные управляющие воздействия на первом шаге

$$\begin{aligned} u_z &= (-l_{11} \sqrt{e_{11}} + u_r \cos j) / \cos(\tilde{x}_3 - j), \quad l_{11}, l_{12} = \text{const} > 0, \\ w_z &= w_r - (f_1 + l_{12} e_{12}) / (1 + \text{tg}^2 \tilde{x}_3), \end{aligned}$$

где $f_1 = -k(e_{11})[(u / \sqrt{2e_{11}})(1 + \text{tg}^2 j) \sin(\tilde{x}_3 - j) - w_r(1 + \text{tg}^2 j) + (u_r / \sqrt{2e_{11}}) \text{tg} j \sqrt{1 + \text{tg}^2 j}] - (dk / de_{11}) \text{tg} j \sqrt{2e_{11}}(u \cos(\tilde{x}_3 - j) - u_r \cos j)$.

Шаг 2. В первых механических уравнениях подсистем электроприводов (2.2) в качестве фиктивных управлений рассматриваются электро-

магнитные моменты $c_1\tilde{x}_4$, $c_1\tilde{x}_5$. Ставится задача стабилизации переменных $e_{21} = \mathbf{u} - \mathbf{u}_z$, $e_{22} = \mathbf{w} - \mathbf{w}_z$, дифференциальные уравнения относительно которых записываются в виде

$$\dot{e}_{21} = \frac{r}{2}c_1(\tilde{x}_4 + \tilde{x}_5) + f_{21}, \quad \dot{e}_{22} = \frac{r}{d}c_1(\tilde{x}_4 - \tilde{x}_5) - \frac{c_1r(\tilde{x}_4 + \tilde{x}_5)}{2}y_1 + f_{22},$$

где y_1 , f_{21} , f_{22} – функции, вычисленные согласно (2.1), (2.2).

Выберем фиктивные управляющие токи якоря в виде

$$\begin{pmatrix} \tilde{x}_{4z} \\ \tilde{x}_{5z} \end{pmatrix} = -\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 + (d/2)y_1 & 1 \\ 1 - (d/2)y_1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (2/c_1r)l_{21}e_{21} + (2/c_1r)f_{21} \\ (2/c_1r)l_{21}e_{21} + (2/c_1r)f_{21} \end{pmatrix},$$

где l_{21} , $l_{22} = \text{const} > 0$.

Шаг 3. Для обеспечения заданных значений токов якоря (или моментов на валу электроприводов) решим задачу стабилизации в токовых контурах электропривода (вторые уравнения подсистем(2.2)) относительно невязок $e_{31} = \tilde{x}_4 - \tilde{x}_{4z}$, $e_{32} = \tilde{x}_5 - \tilde{x}_{5z}$:

$$\dot{e}_{31} = -Re_{31} - c_2w_1 - R\tilde{x}_{4z} - \dot{\tilde{x}}_{4z} + u_1,$$

$$\dot{e}_{32} = -Re_{32} - c_2w_2 - R\tilde{x}_{4z} - \dot{\tilde{x}}_{5z} + u_2,$$

где $\dot{\tilde{x}}_{4z}$, $\dot{\tilde{x}}_{5z}$ – производные задающих воздействий, вычисленные согласно уравнениям системы.

Выберем истинные управляющие воздействия в виде разрывных функций

$$u_i = -U \text{sign}(e_{3i}), \quad i = 1, 2,$$

где $U > 0$ – величина питающего напряжения. При достаточно больших амплитудах напряжения в системе за конечное время обеспечиваются скольльзящие движения по многообразию $e_{31} = \tilde{x}_4 - \tilde{x}_{4z}$, $e_{32} = \tilde{x}_5 - \tilde{x}_{5z}$, что решает задачу стабилизации системы (2.1). Следует отметить сложность реализации предложенного алгоритма управления. Для упрощения проблемы вычислительной реализации базовых законов управления можно использовать наблюдатели состояния с разрывными управляющими воздействиями [7], которые реализуются в программной среде, что позволяет реализовать скольльзящий режим близкий к идеальному [8].

Благодарность

Авторы выражают признательность за частичную поддержку работы в рамках гранта РФФИ №09–08–00429-а.

Список литературы

1. Handbook Springer of Robotics / Editors: Bruno Siciliano *et al.* Berlin: Springer-Verlag, 2008. P. 391–410.
2. Бурдаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков Р.Э. Системы управления движением колесных роботов. Спб.: Наука, 2001.
3. Utkin V., Guldner J., Shi J. Sliding Mode Control in electromechanical systems. New York: Crc Press, 2009.
4. Dixon W., Dawson D.M., Zergeroglu E. et al. Nonlinear control of wheeled mobile robot robots (in series Lecture notes in control and information sciences). Berlin: Springer-Verlag, 2001, ch. 1.
5. Дракунов С.В., Изосимов Д.Б., Лукьянов А.Г., Уткин В.А., Уткин В.И. Принцип блочного управления // АиТ. Ч. I. 1990. № 5. С. 3–13; Ч. II. 1990. № 6. С. 20–31.
6. Уткин В.А. Инвариантность и автономность в системах с разделяемыми движениями // АиТ. 2001. № 11. С. 73–94.
7. Краснова С.А., Уткин В.А., Михеев Ю.В. Каскадный синтез наблюдателей состояния нелинейных многомерных систем // АиТ. 2001. №2. С. 43–63.
8. Кочетков С.А., Уткин В.А. Компенсация неустранимых неидеальностей исполнительных устройств // АиТ. № 5. 2010. С. 21–47.

КОНЕЧНО-ЧАСТОТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ n-ГО ПОРЯДКА С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

М.В. Паленов

ИПУ РАН, Москва, Россия, max_elek@mail.ru

1. Постановка задачи

Рассмотрим полностью управляемый асимптотически устойчивый объект, описываемый дифференциально-разностным уравнением

$$d_n y^{(n)} + \dots + d_1 \dot{y}(t) + y(t) = k_m u^{(m)}(t - \tau) + \dots + k_0 u(t - \tau) + f(t), \quad (1)$$

где $y(t)$ – выход объекта, измеряемый в момент времени t ; $u(t - \tau)$ – управляемый вход; τ – величина запаздывания в управлении; $f(t)$ – внешнее возмущение – неизвестная ограниченная функция времени:

$$|f(t)| \leq f^*.$$

Коэффициенты d_ν , k_μ ($n = \overline{1, n}$, $m = \overline{0, m}$) и величина τ запаздывания неизвестны.

Управляемый вход представляет собой испытательный сигнал

$$u(t-t) = \sum_{i=1}^l r_i \sin w_i(t-t_u), \quad t \geq t_u, \quad (2)$$

с числом гармоник $l = n + m + 1$, в котором $\rho_i > 0$ – заданные амплитуды; w_i ($i = \overline{1, l}$) – частоты – заданные упорядоченные числа $w_{i+1} = j w_i$, где φ – целое число ($\varphi > 0$), удовлетворяющие условиям

$$0 < w_i < \infty \quad (i = \overline{1, l}), \quad w_i \neq w_j \quad (i \neq j). \quad (3)$$

Испытательный сигнал прикладывается к объекту в момент времени t_u , до которого функция (2) принимает нулевое значение: $u(t-t) = 0$ при $t < t_u$.

Задача идентификации состоит в определении величины запаздывания \hat{t} и оценок \hat{d}_n и \hat{k}_m ($n = \overline{1, n}$, $m = \overline{0, m}$) коэффициентов объекта (1) таких, чтобы выполнялись требования

$$|\hat{d}_n - d_n| \leq e_n^d, \quad n = \overline{1, n}, \quad |\hat{k}_m - k_m| \leq e_m^k, \quad m = \overline{1, m}, \quad (4)$$

к точности идентификации, в которых e_n^d и e_m^k ($n = \overline{1, n}$, $m = \overline{0, m}$) – заданные положительные числа.

2. Частотные уравнения идентификации

Передаточная функция объекта (1) имеет вид

$$w(s) = \frac{k(s)}{d(s)} e^{-st}.$$

Перестановкой компонент этого равенства получим уравнения

$$k(s) = w(s)e^{-st}d(s), \quad k(-s) = w(-s)e^{st}d(-s). \quad (5)$$

второе из которых получается из первого заменой s на $-s$. Перемножение этих уравнений друг на друга позволяет получить инвариантное относительно задержки равенство

$$k(s)k(-s) = w(s)w(-s)d(s)d(-s).$$

На наборе частот $s = jw_i$, ($i = \overline{1, l}$), оно примет вид

$$k(jw_i)k(-jw_i) = w(jw_i)w(-jw_i)d(jw_i)d(-jw_i), \quad i = \overline{1, l},$$

а с учетом

$$w(jw_i) = a_i + jb_i \Rightarrow a_i = \operatorname{Re} w(jw_i) \quad \text{и} \quad b_i = \operatorname{Im} w(jw_i),$$

где a_i и b_i – частотные параметры объекта [1, 2], имеем

$$k(jw_i)k(-jw_i) = (a_i^2 + b_i^2)d(jw_i)d(-jw_i), \quad (i = \overline{1, l}).$$

Введем инвариантные (относительно задержки τ) частотные параметры:

$$g_i = a_i^2 + b_i^2, \quad i = \overline{1, l}, \quad (6)$$

что эквивалентно следующему

$$g_i = w(jw_i)w(-jw_i) = \frac{k(jw_i)j(-jw_i)}{d(jw_i)d(-jw_i)} = \frac{k'(w_i^2)}{d'(w_i^2)}.$$

Имея достаточный, не менее $l = n + m + 1$ значений, их набор, значений полиномов $d(s)$ и $k(s)$ найдем из решения системы

$$k(jw_i)k(-jw_i) - g_i[d(jw_i)d(-jw_i) - 1] = g_i, \quad i = \overline{1, l}, \quad (7)$$

где

$$k(jw_i)k(-jw_i) = \sum_{m=0}^m k'_m (-1)^m w^{2m} \quad \text{и} \quad d(jw_i)d(-jw_i) - 1 = \sum_{n=0}^n d'_n (-1)^n w^{2n} \quad (8)$$

- полиномы четных степеней.

Подставим (8) в (7) и получим частотные уравнения идентификации

$$\sum_{m=0}^m k'_m (-1)^m w^{2m} - g_i \sum_{n=0}^n d'_n (-1)^n w^{2n} = g_i, \quad i = \overline{1, l}$$

после чего запишем их в матричном виде

$$\begin{pmatrix} 1 & -w_1^2 & \cdots & (-1)^m w_1^{2m} & -w_1^2 g_1 & w_1^4 g_1 & \cdots & (-1)^n w_1^{2n} g_1 \\ 1 & -w_2^2 & \cdots & (-1)^m w_2^{2m} & -w_2^2 g_2 & w_2^4 g_2 & \cdots & (-1)^n w_2^{2n} g_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & -w_l^2 & \cdots & (-1)^m w_l^{2m} & -w_l^2 g_l & w_l^4 g_l & \cdots & (-1)^n w_l^{2n} g_l \end{pmatrix} q' = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_l \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где

$$q' = [k'_0 \quad k'_1 \quad \cdots \quad k'_m \mid d'_1 \quad d'_n \quad \cdots \quad d'_n]^T$$

- вектор искомых коэффициентов системы. Система эта линейна относительно коэффициентов d'_n и k'_m полиномов $d'(w_i^2)$ и $k'(w_i^2)$, которые можно представить в следующем виде

$$d'(-s^2) = d_n^2 \prod_{n=1}^n (s - s_n^{[d]})(s + s_n^{[d]}), \quad k'(-s^2) = k_m^2 \prod_{m=1}^m (s - s_m^{[k]})(s + s_m^{[k]}),$$

где $\mp s_n^{[d]}$ ($n = \overline{1, n}$) и $\mp s_m^{[k]}$ ($m = \overline{1, m}$) - корни полиномов $d(\pm s)$ и $k(\pm s)$ соответственно.

Для экспериментального определения инвариантных частотных параметров (6) используется фильтр Фурье:

$$\hat{a}_i(\bar{t}) = \frac{2}{r_i \bar{t}} \int_{t_f}^{t_f + \bar{t}} y(t) \sin w_i t dt, \quad \hat{b}_i(\bar{t}) = \frac{2}{r_i \bar{t}} \int_{t_f}^{t_f + \bar{t}} y(t) \cos w_i t dt, \quad i = \overline{1, l}, \quad (10)$$

откуда, согласно (5), имеем

$$\hat{g}_i = \hat{a}_i^2 + \hat{b}_i^2, \quad i = \overline{1, l}. \quad (11)$$

Выходы фильтра Фурье сходятся с течением времени [1]:

$$\lim_{\bar{t} \rightarrow \infty} \hat{a}_i(\bar{t}) = a_i, \quad \lim_{\bar{t} \rightarrow \infty} \hat{b}_i(\bar{t}) = b_i, \quad i = \overline{1, l}.$$

Справедливо следующее утверждение. Утверждение 1. Система (9) совместна, т.е. её решение существует. Оно единственно если, и только если,

- А. объект (1) устойчивый и минимально-фазовый;
- В. полиномы $d(s)$ и $k(s)$ искомым коэффициентов d_n, k_m ($n = \overline{1, n}, m = \overline{0, m}$) объекта (1) являются взаимно простыми;
- С. частоты испытательного сигнала (2) удовлетворяют условию (3).

3. Определение интервала запаздывания

Уравнения (5) на наборе частот $s = jw_i, (i = \overline{1, l})$ дадут систему

$$\begin{cases} a'_i + jb'_i = (a_i + jb_i)(\cos w_i t - j \sin w_i t), \\ a'_i - jb'_i = (a_i - jb_i)(\cos w_i t + j \sin w_i t), \end{cases} \quad i = \overline{1, l},$$

где $a_i \pm jb_i = w(\pm jw_i)$ и $a'_i \pm jb'_i = w'(\pm jw_i) \quad i = \overline{1, l}, \quad w'(s) = k(s)/d(s)$.

Откуда получим

$$\cos w_i t = \frac{a_i a'_i + b_i b'_i}{a_i^2 + b_i^2}, \quad \sin w_i t = \frac{a'_i b_i - a_i b'_i}{a_i^2 + b_i^2}, \quad i = \overline{1, l}.$$

Деля второе из этих равенств на первое, получим формулу для определения интервала запаздывания

$$t_{w_i} = \frac{1}{w_i} \arctg \frac{a'_i b_i - a_i b'_i}{a_i a'_i + b_i b'_i}, \quad 0 < w_i < \frac{p}{2t}, \quad i = \overline{1, l}. \quad (12)$$

При точных значениях частотных параметров величина запаздывания не зависит от индекса i , если частоты испытательного сигнала удовлетворяют указанному в (12) условию. При определении оценки запаздывания по оценкам частотных параметров целесообразно взять среднее значение:

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^h \hat{t}_{w_i}, \quad h \leq l.$$

4. Алгоритм идентификации

1. возбудить идентифицируемый объект испытательным сигналом (2);
2. выход объекта $y(t)$ приложить к фильтру Фурье (10), чьи выходы, при заданном времени фильтрации \bar{t} и подстановке в формулы (11) дают оценки инвариантных частотных параметров объекта;
3. подставляя полученные оценки в частотные уравнения идентификации (9) получить вектор оценок \hat{q}' , затем, вычисляя корни по-

линомов $\hat{d}'(s^2)$ и $\hat{k}'(s^2)$, и взяв лишь те, что с отрицательными вещественными частями, определить искомые оценки коэффициентов объекта - \hat{d}_n и \hat{k}_m ;

4. вычислить оценки запаздывания t_{w_i} , $i = \overline{1, l}$. по формуле (12), после чего найти среднее значение \bar{t} .

Следование данному алгоритму обеспечивает выполнение поставленной задачи в том случае, если время фильтрации \bar{t} достаточно велико.

Список литературы

1. *Alexandrov, A.* Finite-frequency method of identification. // Proceeding of 10th IFAC Symposium on System Identification, 1994, Preprints, vol. 2, p.p. 523–527.

2. *Александров, А.Г.* Оптимальные и адаптивные системы // М.: Высшая школа, 1989, 264 с.

ОБОБЩЕННЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМАЦИЯМИ

С.Э. Парсегов

ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия, parsegov@ipu.ru

Введение

Задачи управления мультиагентными системами можно условно разделить на две категории: управление формациями с приложением к мобильным роботам, беспилотным летательным аппаратам, подводным автономным устройствам, космическим аппаратам, и другие задачи, не связанные с образованием формаций, типа задач распределения, поиска, синхронизации и др.

В задачах кооперативного управления совместно используемая информация может иметь вид общих целей, общих алгоритмов управления, или информации об относительном положении агентов, полученной с их сенсоров. В свете изложенных положений в настоящее время особый интерес вызывают задачи построения геометрических образов (структур) на плоскости и в пространстве (т.н. задачи формообразования). В работах [7], [5] указывается, что задачи формообразования часто связаны с задачами консенсуса (задачи сходимости агентов к общему решению).

В [5], [6] подробно рассмотрен один из частных случаев задач консенсуса – алгоритм циклического преследования, и получено обобщение на случай, когда линия визирования каждого агента отклонена на некоторый угол α . В тех же работах определены условия, при которых группа агентов образует ту или иную формацию, и проведен анализ некоторых частных случаев обобщенного алгоритма циклического преследования с моделями в виде интеграторов второго порядка.

Помимо циклического преследования к задачам формообразования также относятся алгоритмы расположения агентов на отрезке. В [1] разработан и исследован алгоритм движения агентов, обеспечивающий их расположение в правильном порядке на заданном отрезке и на равном расстоянии друг от друга в одномерном и двумерном пространствах. Проблема формулируется в классе непрерывных систем, моделями агентов являются одиночные интеграторы. В [3] детально изучены похожие алгоритмы в классе дискретных систем.

В данной работе изучается обобщение алгоритма равномерного расположения точек на отрезке путем введения матрицы поворота, приводятся критерии устойчивости и оценки скорости сходимости. Более того, с помощью критерия устойчивости мультиагентных систем [2], [4], основанного на понятии Ω -области, исследуется случай алгоритма с моделями агентов второго порядка, формулируется и доказывается критерий устойчивости.

Постановка задачи

В работе [1] предлагается линейный закон перемещения агентов для их равномерного расположения на отрезке в одномерном и двумерном пространствах, границы которого либо фиксированы, либо изменяются в соответствии с известным законом. Закон управления предполагает наличие информации о расстояниях между агентом и двумя его ближайшими соседями. В рамках предложенной стратегии каждый агент движется в направлении середины отрезка, соединяющего его ближайших по номерам соседей. При этом первый и последний агенты стремятся занять положение между границами отрезка и ближайшими к ним по номерам соседями. Динамика каждого агента описывается одиночным интегратором – управление движением производится за счет изменения скорости агента.

При таком подходе система состоит из двух независимых подсистем, т.е. не учитывается возможное наличие связи между координатами каждого агента. Такая связь может иметь вид, к примеру, в матрице поворота [5], [6], когда в силу определенных ограничений, либо постановки задачи вектор скорости каждого агента отклоняется на некоторый угол. Кроме того, подход с моделями агентов в виде оди-

точных интеграторов подразумевает управление путем мгновенного изменения скорости каждого агента, что является идеализированной ситуацией.

В связи с этим, предлагаются алгоритмы, учитывающие как возможную связь между координатами каждого агента, так и опосредованное изменения скорости через ускорение, т.е. алгоритмы более высокого порядка. Обобщение алгоритма [1] построено следующим образом: сначала изучен алгоритм с наличием связи между координатами каждого агента в виде матрицы поворота, затем предложен алгоритм второго порядка для случая независимых координат, после чего разработан наиболее общий алгоритм – комбинация двух предыдущих. Формулируются и доказываются критерии устойчивости, строятся оценки скорости сходимости алгоритмов.

Предложенный обобщенный алгоритм второго порядка с матрицей поворота в трехмерном пространстве имеет вид:

$$(s^2 + as)x = (A \otimes R(a))x + b^*,$$

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0.5 & 0 & \dots & 0 \\ 0.5 & -1 & 0.5 & \dots & 0 \\ \vdots & & & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0.5 & -1 \end{pmatrix} \in {}^{n \times n}, \quad R(a) = \begin{pmatrix} \cos(a) & \sin(a) & 0 \\ -\sin(a) & \cos(a) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$$b^* = (I_n \otimes R(a))(0.5x_b^T, 0, \dots, 0.5x_e^T)^T \in {}^{3n},$$

где $s = d/dt$ – оператор дифференцирования, $a > 0$ – некоторая константа, $R(a)$ – матрица поворота, $x \in {}^{3n}$ – вектор координат всех агентов, $(x_i = (x_i(t), y_i(t), z_i(t))^T \in {}^3, i = 1, 2, \dots, n)$, x_b, x_e – координаты начала и конца отрезка соответственно.

В работе сформулирован и доказан следующий критерий устойчивости для системы (1).

Теорема

Система (1) устойчива тогда и только тогда, когда

$$\frac{a^2 \cos(a)}{\sin^2(a)} > 2 \sin^2 \frac{pn}{2(n+1)}.$$

Доказательство теоремы основано на важном понятии Ω – области на комплексной плоскости и связанным с ним критерием устойчивости мультиагентных систем, впервые предложенным Б.Т. Поляком и Я.З. Цыпкиным в [2], затем независимо от них в [4].

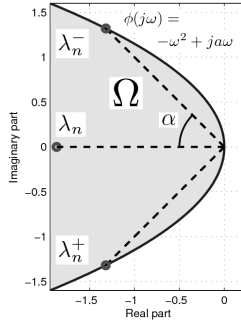


Рис. 1. Расположение собственных чисел матрицы A на границе Ω – области

Результаты моделирования системы их 3-х агентов приведены ниже.

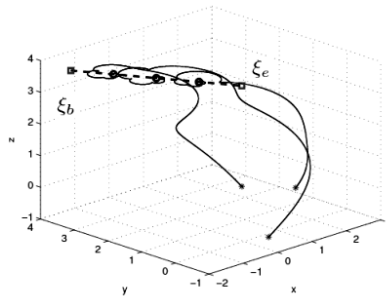


Рис. 2. Начальное положение и траектории агентов

Список литературы

1. *Петрикевич Я.И.* Линейные алгоритмы управления геометрическим расположением объектов в многоагентной системе // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 "Сетевые модели в управлении". -М.: ИПУ РАН. 2010. С. 665-680.
2. *Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З.* Устойчивость и робастная устойчивость однотипных систем // Автоматика и телемеханика. 1996. № 11. С. 91-104.
3. *Щербаков П.С.* Управление формациями: схема Ван Лоуна и другие алгоритмы // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 "Сетевые модели в управлении". -М.: ИПУ РАН. 2010. С. 681-696.

4. Hara S., Hayakawa T., Sugata H. Stability Analysis of Linear Systems with Generalized Frequency Variables and Its Applications to Formation Control // Proc. Decision and Control Conf. 2007. Dec. P. 1459-1466.

5. Pavone M., Frazzoli E. Decentralized policies for geometric pattern formation and path coverage // ASME Journal on Dynamic Systems, Measurement, and Control. 2007. Vol. 129. № 5. P. 633-643.

6. Ramirez J.L., Pavone M., Frazzoli E. and Miller D.W. Distributed Control of Spacecraft Formations via Cyclic Pursuit: Theory and Experiments // AIAA Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2010. Vol.33. №5. Apr. P.1655-1669.

7. Ren W., Beard R.W., Atkins E.M. A survey of consensus problems in multi-agent coordination // Proc. American Control Conf. 2005. Vol. 3. Jun. P. 1859-1864.

БЛОЧНЫЙ СИНТЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ДВУХМАССОВОЙ СИСТЕМЫ

Ю.М. Рассадин

*Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН Москва,
Россия, rassadin@ipu.ru*

ВВЕДЕНИЕ

В работе предложен алгоритм блочного синтеза закона управления для одномерной задачи слежения координатой центра масс несомого тела за заданным сигналом $x_{1z}(t)$. В работе использована хорошо известная кулоновская модель силы трения $F_{mp} = -N \operatorname{sgn}(v)$, где N – модуль нормальной силы реакции опоры, а v – скорость тела. Такая модель силы трения порождает идеальный скользящий режим в некоторой области, которую принято называть зоной застоя. Ошибка регулирования по обратной связи, связанная с сухим трением, всегда лежит внутри зоны застоя. В работе рассмотрен алгоритм снижения ошибки регулирования за счет сокращения зоны застоя на основе методов вибрационной механики [1].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается система двух тел на шероховатой поверхности, соединенных пружиной. К одному из тел, приложено управляющее воздействие. Назовем его несущим телом, а второе – несомым. Ставится задача слежения координатой несомого тела x_1 за заданным сигна-

лом $x_{1z}(t)$. Оговорим заранее, что $x_{1z}(t)$ достаточно гладкая и дифференцируема требуемое количество раз. Т.к. в качестве управляющего воздействия рассматривается приложенная к несущему телу сила, ограничением является требование гладкости для $u(x)$.

2. СИНТЕЗ БАЗОВОГО АЛГОРИТМА

Рассмотрим задачу слежения за заданным сигналом $x_{1z}(t)$ для центра масс свободного тела массы m , которое находится на горизонтальной поверхности. Для измерений доступен полный вектор состояния системы. Коэффициент трения между телом и поверхностью h . Прямолинейное движение тела описывается системой уравнений

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{m}(u - mgh \operatorname{sgn}(x_2)), \end{aligned} \quad (1)$$

где x_1 – координата тела, x_2 – скорость, u – одномерное управляющее воздействие.

Структура системы (1) соответствует блочной форме управляемости (БФУ). [3] Тогда, следуя блочному принципу, рассмотрим x_2 как фиктивное управление для x_1 и преобразуем систему (1) таким образом, что задача слежения сводится к задаче стабилизации.

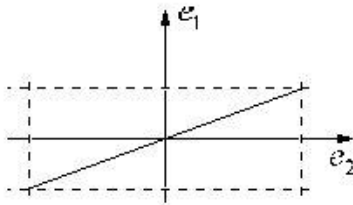
Цель управления в рассматриваемой задаче записывается как $x_1 - x_{1z}(t) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 0$. Тогда первая координата преобразованной системы – невязка $e_1 = x_1 - x_{1z}$, которую необходимо устремить к нулю. Дифференцируя e_1 по времени, получаем $\dot{e}_1 = x_2 - \dot{x}_{1z}$. Чтобы стабилизировать e_1 , назовем фиктивное управление в виде $x_2 = -k_1 e_1 + \dot{x}_{1z}$.

Первый шаг преобразований обуславливает вторую координату преобразованной системы – невязку желаемого и действительного значения скорости $e_2 = x_2 + k_1 e_1 - \dot{x}_{1z}$. Выразим $x_2 = -k_1 e_1 + \dot{x}_{1z} + e_2$. Первое уравнение преобразованной системы принимает вид $\dot{e}_1 = -k_1 e_1 + e_2$. В итоге, преобразованная система принимает вид

$$\begin{aligned} \dot{e}_1 &= -k_1 e_1 + e_2, \\ \dot{e}_2 &= \frac{1}{m}(u - mgh \operatorname{sgn}(e_2 - k_1 e_1 + \dot{x}_{1z})) + k_1(e_2 - k_1 e_1) - \ddot{x}_{1z}. \end{aligned} \quad (2)$$

Базовый закон управления, стабилизирующий e_2 , с учетом оговоренных ограничений на управление, имеет следующий вид:

$$u_b = -m(k_2 + k_1)e_2 + mk_1^2 e_1.$$



После замыкания обратной связи система (2) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} \dot{e}_1 &= -k_1 e_1 + e_2, \\ \dot{e}_2 &= -k_2 e_2 - gh \operatorname{sgn}(-k_1 e_1 + e_2 + \dot{x}_{1d}). \end{aligned} \quad (3)$$

Рассмотрим подробнее замкнутую систему (3). Если бы трение отсутствовало, то замкнутая система была бы устойчива: $\dot{e}_1 = -k_1 e_1 + e_2$, $\dot{e}_2 = -k_2 e_2$. Из структуры замкнутой системы для невязок видно, что управляющие воздействия оказывают влияние на систему до тех пор, пока выполняется условие $k_2 |e_2| > gh$. Когда это неравенство нарушается и справедливо $|e_2| \leq gh/k_2$, сила трения преобладает над управлением и порождает в системе идеальный скользящий режим по поверхности $s = e_2 - k_1 e_1 + \dot{x}_{1d} = 0$. Тогда из условия $\dot{e}_1 = 0$ можно дать оценку ошибке регулирования. $e_1 = e_2 / k_1 \Rightarrow |e_1| \leq gh / k_1 k_2$.

Ошибка регулирования обратно пропорциональна коэффициентам обратной связи k_1 и k_2 . Соответственно, увеличивая k_1, k_2 , можно повышать точность регулирования. Тем не менее, на практике бесконечных коэффициентов достичь невозможно. Поэтому целесообразно применение других методов повышения точности.

В работе предлагается метод, основанный на аналогии с законами вибрационной механики и вибрационной реологии. Одним из явлений, исследуемых вибрационной механикой, является изменение эффективного коэффициента сухого трения покоя (ЭКТ). При гармоническом воздействии [1]. Аддитивный ввод гармонического воздействия $\Phi_0 \sin(\omega t)$ в закон управления u_b приведет к тому, что ЭКТ будет равен $h_w = h(1 - \Phi_0/N)$, где N – сила нормальной реакции опоры, в нашем случае $N = mg$. Параметр $w = \Phi_0/N$ принято называть перегрузкой. Рассмотрение подобных эффектов имеет смысл для $w \in [0,1)$, до тех пор, пока $h_w > 0$. При $w \in [1, \infty)$ ЭКТ становится отрицатель-

ным, что указывает на другой виртуальный эффект – изменение характера трения.

Фазовый портрет системы (3) изменяется со временем вместе с изменением \dot{x}_{1z} . Рассмотрим случай $\dot{x}_{1z} \equiv 0$, который соответствует задаче стабилизации. Тогда система (3) в канонической форме принимает вид

$$\begin{aligned} \dot{e}_1 &= \bar{e}_2 \\ \dot{\bar{e}}_2 &= -(k_1 + k_2)\bar{e}_2 - k_1 k_2 e_1 - g h \operatorname{sgn}(\bar{e}_2) \end{aligned} \quad (4)$$

Фазовый портрет системы (4) задаётся уравнением

$$\frac{d\bar{e}_2}{de_1} = \frac{-(k_1 + k_2)\bar{e}_2 - k_1 k_2 e_1 - g h \operatorname{sgn}(\bar{e}_2)}{\bar{e}_2} \quad (5)$$

Уравнение (5) имеет аналитическое решение при $\bar{e}_2 < 0$ и при $\bar{e}_2 > 0$. Однако если решение системы (4) имеет простую структуру и легко записывается, то решение уравнения (5) представляется только в виде неразрешимой относительно невязок неявной функции:

$$C \exp\left(\frac{-2a_{22}}{\sqrt{a_{22}^2 - 4a_{21}}}\right) x^2 = \frac{(z + C_2)^2}{(z^2 + a_{22}z + a_{21})(z + C_1)^2}, \quad (6)$$

где $x = e_1, z = e_2/e_1$.

3. ДВУХМАССОВАЯ СИСТЕМА

Двухмассовая система описывается системой уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2; \dot{x}_2 = (-k(x_1 - x_3 - l) - m_1 g h \operatorname{sgn}(x_2))/m_1; \\ \dot{x}_3 &= x_4; \dot{x}_4 = (u + k(x_1 - x_3 - l) - m_2 g h \operatorname{sgn}(x_4))/m_2. \end{aligned} \quad (7)$$

Структура системы (7) соответствует БФУ. Задача слежения координатой несомого тела x_1 за заданным сигналом декомпозируется на две подзадачи меньшей размерности [4]. Переменная x_3 , координата несущего тела, рассматривается как фиктивное управление для блока переменных (x_1, x_2) , описывающего состояние несомого тела. Пошаговый синтез закона управления по обратной связи, следуя блочно-му принципу, приводит к устойчивой относительно невязок системе. Результаты моделирования в среде Simulink показывают существенное снижение ошибки слежения.

Список литературы

1. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.

2. Черноусько Ф.Л., Ананьевский И.М., Решмин С.А. Методы управления нелинейными механическими системами. М.: – Физматлит, 2006. – 328 с.

3. Принцип блочного управления / Дракунов С.В., Изосимов Д.Б., Лукьянов А.Г., Уткин В.А., Уткин В.И. // Автоматика и Телемеханика, 1990. Часть 1. №5. С. 38–47; Часть 2. №6. С. 20–32.

4. Инвариантность и автономность в системах с разделяемыми движениями / Уткин В.А. // Автоматика и Телемеханика, 2001, № 11, С. 73-94.

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗМОВ НЕЧЕТКОГО КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

А.О. Алексеев, Э.Р. Галиаскаров

*Пермский государственный технический университет, г.
Пермь, Россия, nedstf@pstu.ru*

Механизмы комплексного оценивания, основанные на деревьях критериев и бинарных матричных свертках, получили широкое распространение на практике и часто встречаются в публикациях, посвященных теории активных систем. Однако для успешного ранжирования объектов необходимо увеличение делений шкалы комплексного оценивания приводит к усложнению процедуры конструирования логических матриц. Это связано с квадратичной зависимостью размерности матрицы от входных состояний аргументов. Улучшения свойства ранжируемости удалось добиться, перейдя к непрерывным шкалам благодаря использованию теории нечетких множеств.

Процедура нечеткого комплексного оценивания была предложена в работе [1], где в соответствии с принципом обобщения Заде предлагалось использовать максиминный подход к теоретико-множественным операциям объединения и пересечения. В последующих работах (например, [2, 3]), ставших естественным развитием данного направления, исследователи предложили строить процедуру нечеткой свертки не на всей области определения аргументов, а на парах дискретных значений являющихся носителем нечеткого представления каждого аргумента.

Для таких подмножеств матрицы, полученные на непрерывном интервале трехмерные поверхности, спроецированные на область определения, образовали стандартные функции свертки (рис. 1), имевшие простую интерпретацию, описываемую естественным язы-

ком [4]. Проверка погрешности такой процедуры комплексного оценивания подробно описана в работе [5].

Механизмы комплексного оценивания с расширенными функциональными возможностями [5, 6] получили свое распространение в ряде научных исследований различной тематики (например, [7, 8]). Однако, широкому внедрению на практике препятствует погрешность, пример которой можно увидеть на следующей функции чувствительности комплексной оценки от частного аргумента (рис. 2).

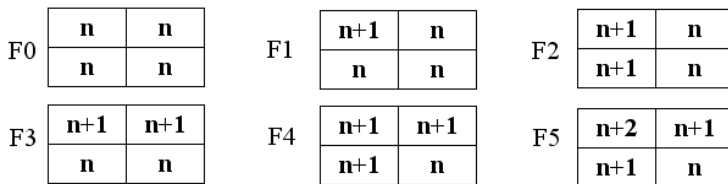


Рис. 1. Стандартные функции свертки

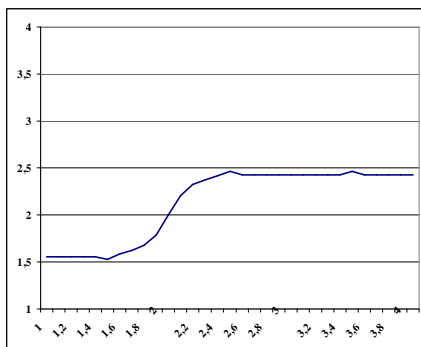


Рис. 2. Пример погрешности функции чувствительности

Незначительный рост комплексной оценки, наблюдаемый в середине интервалов, образованных делениями шкалы комплексного оценивания не имеет содержательной интерпретации и физически ничем не объясняется.

Заменяв максиминный подход к операциям пересечения и объединения на вероятностный [9] (выражение 1) удалось добиться монотонности свертки для стандартной функции F1 (рис. 3, б), F4 и F5.

$$\tilde{A} \cap \tilde{B} = \{x_i / m_{i_A}\} \cap \{x_i / m_{i_B}\} = \{x_i / m_{i_A} \cdot m_{i_B}\} \quad (1)$$

$$\tilde{A} \cup \tilde{B} = \{x_i / m_{i_A}\} \cup \{x_i / m_{i_B}\} = \{x_i / m_{i_A} + m_{i_B} - m_{i_A} \cdot m_{i_B}\}$$

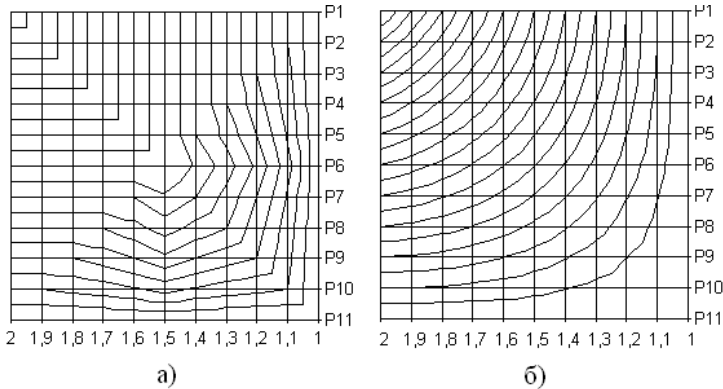


Рис. 3. Топологическое представление стандартной функции F1:
а) – максимный; б) вероятностный

Однако для стандартных функций F2 и F3 = F2^T, топологическая интерпретация первой представлена на рисунке 4 (для F3 аналогично относительно другого критерия), поверхность свертки является выпуклой до значения критерия определяющего рост n+0,5, далее становится вогнутой.

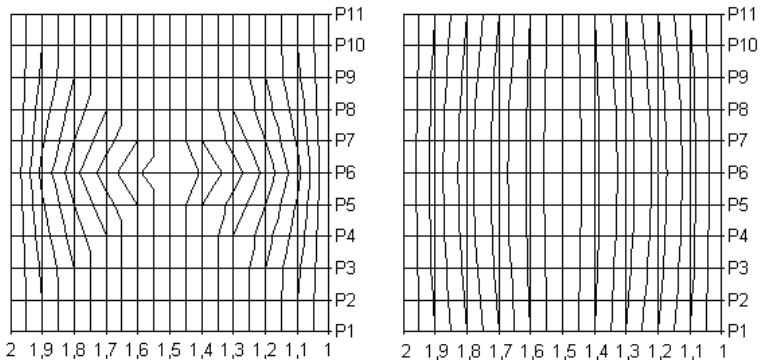


Рис. 4. Топологическое представление стандартной функции F2:
а) – максимный; б) вероятностный

Построив функцию чувствительности для того же набора значений частных критериев используя вероятностный подход в принципе Заде видно, что факт «необъяснимого» роста свертки значительно снизился (рис. 5), но все же сохранился.

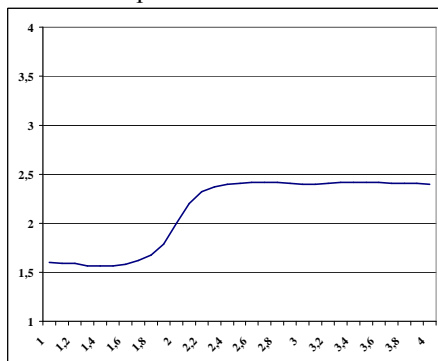


Рис. 5. Функция чувствительности

Проблема кроется в применении «центра тяжести» при решении задачи выбора представителя на множестве носителей нечеткого числа. Дальнейшее решение данной проблемы видится в замене центра тяжести другой функцией дефаззификации.

Список литературы

1. Андроникова Н.Г. Леонтьев С.В. Новиков Д.А. Процедуры нечеткого комплексного оценивания // Труды международной научно-практической конференции "Современные сложные системы управления". Липецк: ЛГТУ, 2002., 12-14 марта. С. 7-8.
2. Лыков М.В., Меновщиков К. В., Камалетдинов М.Р., Генералов А.В. Состояние и перспективы развития механизмов комплексного оценивания Инновационные технологии: материалы междунар. науч.-практ. конф.. Варна, 20-27 июня 2005 г. / М-во пром-ти и энергетики РФ, Перм. гос. техн. ун-т [и др.]- Пермь, 2005.
3. Лыков М.В., Мишкина Е.В., Камалетдинов М.Р., Белых А.А. Системы конструирования матриц свертки в экспертных задачах комплексного оценивания // Вестник УГТУ-УПИ. Строительство и образование: Сб. науч. тр. / ГОУ ВПО Урал. гос. техн. ун-т. – Екатеринбург, 2006. - №12(83).

4. Харитонов В.А., Винокур И.Р., Белых А.А. Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свертки // Управление большими системами. Выпуск 18. М.: ИПУ РАН, 2007. С. 129-140.

5. Белых А.А., Харитонов В.А. Современные технологии менеджмента. Монография под науч. ред. Харитонova В.А. – Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та, 2007. – 297 с.

6. Харитонов В.А. и [др.] Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений // Монография под науч. ред. Харитонova В.А. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 393 с.

7. Харитонов В.А., Алексеев А.О. Сетевые механизмы анализа многофакторных рисков // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». – М.: ИПУ РАН, 2010. – С. 197–218.

8. Харитонов В.А., Гуреев К.А. Регулирование арендных отношений в задачах поддержки малого бизнеса // Вестник Самарского гос. экон. ун-та. Самара, 2010. № (66). С. 83-87

9. Борисов А.Н., Алексеев А.В. Меркурьев Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ РАБОТ ПРОЕКТА, ДАЮЩЕЙ НАИБОЛЬШИЙ ДОХОД

А.Я. Аснина, С.А. Баркалов, О.С. Нильга
ВГАСУ, Воронеж, Россия, Nilga.OS_vrn@mail.ru

Рассмотрим проект из n работ. Под работой в рамках данной статьи понимается мероприятие как совокупность действий, нацеленных на выполнение единой задачи, по достижению которой можно получить определенный эффект (здесь финансовый). Время выполнения каждой работы t_i выражено в месяцах. Будем считать, что каждая следующая работа начинается в момент завершения предыдущей. T – время выполнения всех мероприятий проекта. Для осуществления i -й работы необходимы инвестиции в размере C_i . Предполагается, что все они осуществляются в момент запуска проекта. После выполнения каждой i -ой работы прогнозируется ежемесячный доход в размере R_i в течение времени, оставшегося до окончания проекта. $(T+1)$ – момент получения первого дохода от последнего мероприятия. Работы

проекта связаны технологической зависимостью, представленной в виде ориентированного дерева, где работы пронумерованы по правилу, приведенному ниже.

Требуется определить порядок запуска работ проекта с учетом технологической зависимости, дающий наибольший доход.

Условие определения оптимальной последовательности выполнения работ проекта

В [1] показано, что для получения порядка выполнения работ, который дает наибольший доход необходимо для каждой из них найти величину R_i/t_i , и упорядочить работы по невозрастанию этих величин, то есть если $R_l/t_l \geq R_m/t_m$, то $l < m$,

(1)

а если $R_l/t_l = R_m/t_m$, то раньше следует выполнять мероприятия с меньшей продолжительностью (t), так как в этом случае раньше начнется получение дохода [2].

Правило нумерации вершин-работ дерева

Присвоим вершине корню номер ноль. Далее нумеруются вершины первого уровня. Им присваиваются номера с первого по m_1 -й с учетом условия (1). Здесь m_1 количество вершин первого уровня.

Пусть теперь занумерованы все вершины k -го уровня, и они имеют номера с $\sum_{i=1}^{k-1} m_i + 1$ -го до $\sum_{i=1}^k m_i$ -го, где m_i - число вершин i -го уровня. Тогда вершинам $(k+1)$ -го уровня присваиваются номера с $\sum_{i=1}^k m_i + 1$ -го до $\sum_{i=1}^{k+1} m_i$ -го по следующему правилу.

Вначале нумеруются вершины имеющие корнем «первую» вершину предыдущего уровня, затем вершины, корнем которых является «вторая» вершина предыдущего уровня, и так далее. При этом вершины, имеющие один корень, предварительно упорядочиваются по условию (1), и в соответствии с этим порядком им присваиваются номера.

Условие (1) обеспечивает максимальный прогнозируемый доход для независимых работ, но так как между работами проекта имеется технологическая зависимость, то возникает ситуация, когда существуют работы А, В и С, где А строго предшествует В, но $R_A/t_A < R_B/t_B$ или $R_A/t_A = R_B/t_B$, а $t_A > t_B$, а С не связана ни с А, ни с В. Тогда возможны следующие варианты:

1. если $R_A/t_A > R_C/t_C$ или $R_C/t_C = R_A/t_A$, а $t_A < t_C$, тогда работы надо выполнять в последовательности (А, В, С);

2. если $R_C/t_C > R_B/t_B$ или $R_C/t_C = R_B/t_B$, а $t_C < t_B$, тогда последовательность выполнения работ будет следующей (С, А, В);

3. Пусть теперь соотношение между работами имеет следующий вид $R_A/t_A < R_C/t_C < R_B/t_B$. В этом случае место работы С в последовательности не очевидно. Здесь возможны две ситуации: (С, А, В) и (А, В, С). Ситуация (А, С, В) очевидно хуже, так как $R_B/t_B > R_C/t_C$.

В общем случае, если k -я и $(k+1)$ -я работы с учетом технологической зависимости должны стоять в порядке: $k, (k+1)$. А $(k+2)$ -я работа не связана ни с k -й, ни с $(k+1)$ -й, то k -ю и $(k+1)$ -ю работы можно считать одной работой S_h для которой $R_{S_h} = R_k + R_{k+1}$,

$t_{S_h} = t_k + t_{k+1}$, и тогда $(k+2)$ -ю работу можно поставить либо перед S_h , либо после S_h с учетом условия (1). Подобные условия можно вывести и для тех случаев, когда необходимо сравнить доходы от последовательностей в которых «неразрывными» (то есть выполняющимися строго друг за другом) являются три и более работ $(1, \dots, k)$.

Соотношение между доходами от последовательностей $((k+1), 1, \dots, k)$ и $(1, \dots, k, (k+1))$, после преобразований, можно представить как

$$R_{k+1}/t_{k+1} > \sum_{i=1}^k R_i / \sum_{i=1}^k t_i, \text{ откуда следует, что работы с } 1\text{-й по } k\text{-ю можно}$$

считать единой работой S_h с $R_{S_h} = \sum_{k \in S_h} R_k$, $t_{S_h} = \sum_{k \in S_h} t_k$, и тогда

$(k+1)$ -ю работу можно ставить с учетом (1) либо перед S_h , либо после S_h .

Перейдем к рассмотрению исходной задачи. Из выше изложенного следует, что для построения оптимальной последовательности работ, связанных технологической зависимостью необходимо те работы, для которых эта зависимость существенна, объединить в группы или списки, в каждом из которых порядок работ учитывает технологическую зависимость и (1), а затем эти группы отсортировать по условию (1).

Представим сказанное выше в виде алгоритма.

Алгоритм 1

Пусть имеем список S из n работ, которые записаны в нем по возрастанию их номеров, присвоенных работам по правилу описанному выше. Необходимо определить такой порядок выполнения работ S^* , который дает наибольший доход. Работы будем рассматривать в том порядке, в котором они записаны в S и последовательно переносить их в S^* .

Шаг 0. Первое место в списке S^* займет начальная работа, а затем в порядке нумерации в список S^* помещаются все работы, для которых корнем является нулевая работа. Все работы, помещенные в S^* исключаются из S .

Шаг 1. Пусть $(k-1)$ работ из списка S перенесено в S^* и упорядочено в соответствии с технологической зависимостью, причем некоторые работы стоят отдельно, а некоторые помещены в группы S_h^* для которых $R_{S_h} = \sum_{i \in S_h} R_i$, $t_{S_h} = \sum_{i \in S_h} t_i$ (для удобства, в дальнейшем, отдельно стоящие работы списка S^* также будем называть группой) и для всех групп, кроме нулевой работы, выполнено условие

$$R_{S_i}/t_{S_i} > R_{S_j}/t_{S_j}, \text{ если } i < j, \quad (2)$$

Шаг 2. Если $S \neq \emptyset$, то выбирается работа k и исключается из S . Назовем эту работу группой S_k^* . Иначе Шаг 7.

Шаг 3. В S^* отыскиваем группу работ S_h^* , содержащую работу с номером l , которая является работой-корнем для S_k^* . Если $l = 0$, то переход к Шагу 6. Иначе Шаг 4.

Шаг 4. Если $R_{S_h^*}/t_{S_h^*} > R_{S_k^*}/t_{S_k^*}$ или $R_{S_h^*}/t_{S_h^*} = R_{S_k^*}/t_{S_k^*}$, а $t_{S_h^*} < t_{S_k^*}$, то S_k^* ставится после групп S_h^* в соответствии с условием (2), $k = k + 1$, переход к шагу 2. Иначе Шаг 5.

Шаг 5. Если $R_{S_k^*}/t_{S_k^*} > R_{S_h^*}/t_{S_h^*}$ или $R_{S_k^*}/t_{S_k^*} = R_{S_h^*}/t_{S_h^*}$, а $t_{S_h^*} > t_{S_k^*}$, то к группе S_h^* добавляем S_k^* . Назовем образованную группу $S_k^* = S_h^* \cup S_k^*$ и вычислим ее параметры: $t_{S_k^*} = t_{S_h^*} + t_{S_k^*}$, $R_{S_k^*} = R_{S_h^*} + R_{S_k^*}$, а $R_{S_k^*}/t_{S_k^*} =$

$= R_{S_h^*} + R_{S_k^*} / t_{S_h^*} + t_{S_k^*}$. Предшественником S_k^* является предшественник S_h^* . Переход к Шагу 3.

Шаг 6. Группа S_k^* занимает место в списке S^* в соответствии с условием (2). $k = k + 1$. Переход к Шагу 2.

Шаг 7. Конец. По завершению алгоритма весь список S^* будет состоять из групп S_h^* , которые могут содержать как один элемент, так и несколько.

Список литературы

1. Акулова И. И., Чернышов Е. М., Аснина А. Я., Гельбанд И. Е. Оптимизация системы организационно-технических мероприятий в антикризисном управлении предприятием строительной индустрии // Известия высших учебных заведений "Строительство". Научно-теоретический журнал. 2004. № 10. С. 44-48.

2. Нильга О.С. Оптимизация последовательности выполнения мероприятий проекта // Материалы Междунар. конгресса Наука и инновации в строительстве SIB 2008 г. Том 5. «Проблемы развития инженерно-строительного образования». – Воронеж. 2008.

Секция
«УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ»

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

С.С. Гусев

*Учреждение Российской Академии Наук Институт проблем
управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, г. Москва, gs-serg@mail.ru*

1. Введение

При построении математических моделей динамических объектов управления по экспериментальным данным возникает задача учета априорной информации о структуре и параметрах объекта управления. При проведении экспериментов фиксируются входные и выходные переменные объекта управления, а априорная информация относится к параметрам объекта, которые связаны с этими переменными только косвенно - обычно через метод наименьших квадратов (МНК). В статье предлагается оригинальная процедура выявления экспериментов, наилучшим образом влияющих на точность оценок параметров объекта.

В работе строится математическая модель физической объекта отвода тепла от стержней экспериментальной установки – модели кассеты ядерного реактора [1]. Известно, что превышение некоторого уровня мощности кассеты или теплового потока с поверхности тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) может привести к их разрушению (плавлению оболочек ТВЭЛ, последующему радиоактивному загрязнению контура циркуляции и установки в целом). Тепловой поток, при котором возникает перегрев ТВЭЛов принято называть критическим тепловым потоком (КТП).

Рассматриваемая в данной работе модель строится по экспериментальным данным работы [1]. Результаты этой работы представлены на рис. 1 в виде зависимостей двух параметров, обозначенных W и Q , от третьего параметра, который в данном случае трактуется как некоторый временной масштаб времени t (или последовательность полученных данных, номер эксперимента и др.). Параметр Q в данном случае соотносится с тепловым потоком – КТП, а параметр W – с характеристикой теплоносителя – так называемым массовой скоростью. Следует отметить, что при экспериментальных исследованиях с физической моделью, регистрировалось большее количество физических параметров (включая, например, давления, балансное паросодержание и др.), влияющих на процесс теплопередачи.

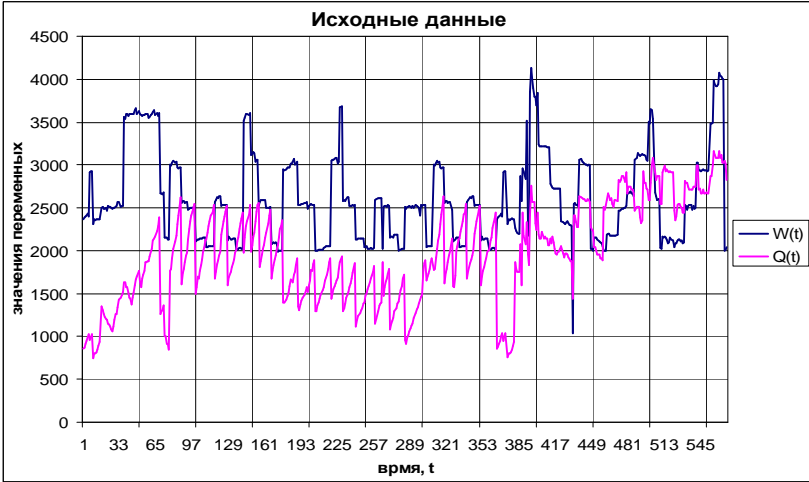


Рис. 1. Исходные данные:
 $Q(t)$ – тепловой поток; $W(t)$ – массовая скорость).

В данной работе для построения модели использовалась только массовая скорость в качестве входной переменной и тепловой поток в качестве выходной переменной. Модель прогноза теплового потока на такт вперед показала меру определенности 0,91. Использование априорной информации удалось повысить множественный коэффициент корреляции модели до 0,93, соответственно снизив ошибку прогноза.

Некоторые теоретические аспекты этого алгоритма идентификации применительно к рассматриваемой модели представлены в работах [2,3].

2. Постановка задачи

Рассмотрим алгоритм идентификации динамического стационарного объекта, учитывающего априорную информацию о параметрах объекта. Будем рассматривать динамический стационарный объект вида

$$Q(t) = \sum_{i=1}^a h_i Q(t-i) + \sum_{i=1}^b h_{a+i} W(t-i), \quad (1)$$

где $Q(t)$ – скалярный выход объекта (тепловой поток) в момент времени t , $W(t)$ – вход объекта (массовая скорость) в момент времени t , h_i –

постоянные (не зависящие от времени) параметры динамического объекта, a – глубина памяти по выходу, b – глубина памяти по входу.

Дополнительно об объекте (1) известно, что параметры h , принадлежат априорно известной области H , т.е.

$$h \in H. \quad (2)$$

Будем предполагать, что модель, соответствующая объекту (1), имеет ту же структуру

$$Q^*(t) = \sum_{i=1}^a k_i Q(t-i) + \sum_{i=1}^b k_{a+i} W(t-i), \quad (3)$$

где k_i есть оценки параметров объекта h_i , и параметры модели должны удовлетворять тем же ограничениям (2), что и неизвестные параметры объекта. Для конкретной физической модели параметры структуры (3) были равны $a = b = 3$, то есть модель для прогноза теплового потока на один такт вперед имела вид

$$Q^*(t) = \sum_{i=1}^3 k_i Q(t-i) + \sum_{i=4}^6 k_i W(t-i). \quad (4)$$

Ниже анализируется точность именно этой модели.

По экспериментальным данным, содержащим 565 опыта (замера), методом МНК была построена динамическая модель вида (4) с параметрами, представленными в табл. 1. Коэффициент корреляции между прогнозом теплового потока на один такт вперед и его фактическим значением для модели с параметрами из табл. 1 равен 0,923, что соответствует среднеквадратической ошибке (СКО) прогноза 213.

Таблица 1

Параметры МНК-модели

Коэффициент	Оценка	СКО
K1	0,8589	0,0422
K2	0,0379	0,0569
K3	0,0579	0,0441
K4	0,0081	0,0383
K5	-0,0004	0,0519
K6	0,0265	0,0392

Достаточно представительная выборка (563 опыта) и высокий множественный коэффициент корреляции ($R=0,928$) с высокой степенью вероятности предопределяют, что истинные параметры объекта лежат в области ± 3 СКО около средних МНК-оценок параметров из табл. 1.

Целью работы является, среди всех проведенных экспериментов найти те, которые в наибольшей степени отвечают за ошибки оценок и повысить точность модели (и соответственно прогноза), используя условие (2) об априорно известной области существования параметров объекта. В качестве области H будем принимать область около МНК-оценок из табл. 1. Границу этой области для каждого коэффициента выберем в пределах ± 3 СКО. Алгоритм идентификации, основанный на использовании этой информации, описан ниже.

3. Алгоритм идентификации

Первоначальные исходные данные, полученные с экспериментальной установки, имеют вид, показанный в табл. 2.

Таблица 2

Блок исходных данных

t	$W(t)$	$Q(t)$
1	2370	856
2	2390	876
3	2400	913
...
567	2000	3050
568	2010	3020
569	2040	2830

Из табл. 2 видно, что в соответствии с моделью (4) $Q(t)$ зависит от 6 переменных, находящихся в трех строках выше. Для дальнейшей обработки эти данные в соответствии со структурой динамического объекта (1) должны быть преобразованы в вид, показанный в табл. 3. Принципиальное значение такого преобразования состоит в том, что выход объекта $Q(t)$ в произвольной строке блока данных зависит только от переменных в этой же строке. Таким свойством не обладает блок данных в табл. 2.

Структура блока преобразованных исходных данных позволяет использовать для получения оценок параметров модели (4) произвольный набор строк из табл. 3. Это свойство будет использовано для перехода в пространство оценок параметров.

Выбирая случайным образом из табл. 3 некоторый блок в m ($m > 6$) строк, можем вычислить соответствующий ему набор оценок параметров модели (4). Количество таких наборов – число сочетаний из количества экспериментов 560 по m ($m > 6$), то есть астрономическое число, создающее проблемы и для современных вычислительных машин. Важно отметить, что точность оценок параметров модели в каж-

дом блоке зависит от конкретного набора экспериментов, а не от всех экспериментов вместе, как в МНК. Это позволяет оценить вклад каждого отдельного эксперимента в ошибку оценки.

Таблица 3

Блок преобразованных исходных данных

t	$X(t-3)$	$X(t-2)$	$X(t-1)$	$Q(t-3)$	$Q(t-2)$	$Q(t-1)$	$Q(t)$
4	2370	2390	2400	856	876	913	947
5	2390	2400	2410	876	913	947	996
6	2400	2410	2430	913	947	996	1030
...
563	4040	4030	4010	3120	3030	3030	3050
564	4030	4010	4000	3030	3030	3050	3020
565	4010	4000	2000	3030	3050	3020	2830

Для перехода в пространство оценок параметров используется следующая процедура. Из общего блока исходных данных (таблица 3) выбирается текущий блок, содержащий m строк. Текущий блок обрабатывается с помощью метода наименьших квадратов, а результаты обработки заносятся в таблицу 4. Кроме оценок параметров, которые помещаются в столбцы 7-10, в столбцы 2-6 таблицы 4 заносятся и номера строк блока исходных данных (таблица 3), которые были использованы для их вычисления. В столбец 11 вносится ошибка оценки параметра $k1$, которая вычисляется следующим образом

$$\Delta(i) = |kI(i) - kI_{mnk}|, \quad (5)$$

где $kI(i)$ – оценка kI параметра модели (4) с помощью i -го текущего блока; kI_{mnk} – оценка kI параметра модели (4) из таблицы 1 (средняя по всем данным). Если ошибка (5) превышает заранее заданный предел (как правило, 3 СКО для данного параметра), то в 12 столбце табл. 4 ставится 1, что свидетельствует о том, что строки из i -го текущего блока участвовали в формировании большой ошибки оценки.

Такая процедура вычислений выполняется для всех 565- m текущих блоков. В результате формируется табл. 4.

Следующая задача будет состоять в том, чтобы разработать алгоритм, позволяющий найти, каким конкретно экспериментам в блоке данных (см. табл. 3) соответствуют большие ошибки оценок. В частности, для $k1$ меньше нуля и больше двух. Эта задача не имеет однознач-

ного решения, поскольку в вычислении каждой оценки участвуют данные не одного, а нескольких экспериментов.

Таблица 4

Полный блок промежуточных оценок

Номер текущего блока	Номера строк исходного блока данных					Текущие оценки параметров				Ошибка оценки k_1	Индикатор большой ошибки
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N	n1	n2	n3	...	n20	k1	k2	...	k6	D	Ind
4	4	5	6	...	23						
5	5	6	7	...	24						
6	6	7	8	...	25						
...
<i>i</i>	$n1(i)$	$n2(i)$	$n3(i)$...	$n20(i)$	$k1(i)$	$k2(i)$		$k6(i)$		
...
539	542	543	544	...	561						
540	543	544	545	...	562						

Плохим экспериментом будем называть эксперимент, при использовании которого в текущем блоке оценки сильно отличаются от номинальных (см. табл. 1). Проблема состоит в том, что в каждый текущий блок входит много строк исходных данных (экспериментов). А какой конкретно эксперимент приводит к большим ошибкам заранее не известно. Рассмотрим алгоритм, позволяющий решить эту задачу.

В табл. 4 последний, двенадцатый столбец Ind– индикаторный. В нем стоят только нули или единицы. Если в какой-либо строке в этом столбце стоит 1, то это означает, что оценка параметра k_1 (из столбца 7 табл. 4) отличается от номинального значения k_{1mnk} (см. табл. 1) больше чем на 3 СКО, то есть вычислена с большой ошибкой. При этом под подозрение попадают все входящие в этот блок строки, перечисленные в столбцах 2-6 (см. табл. 4).

Выберем из табл. 4 только строки, соответствующие большим ошибкам, и по номерам строк, попавших в столбцы 2-6, построим функцию частоты номеров строк, участвовавших в вычислении плохих ошибок. График этой функции показан на рис. 2.

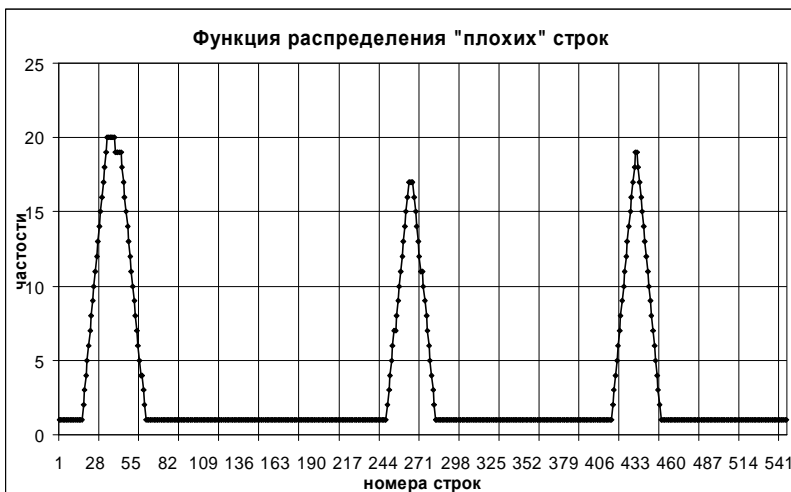


Рис. 2. Функция распределения “плохих” строк

Как видно из рис. 2, есть несколько областей, в которых резкие отклонения оценок появляются особенно часто. Первая область 32-51, вторая область – 261-268, третья область – 429-438. Именно эксперименты с этими номерами привели к грубым оценкам параметров модели. Исключение из обработки этих строк должно привести к повышению точности модели. Исключение из блока данных “плохих” строк, приводящих к локальному нарушению условия (4), позволяет построить модель, дающую меньшую ошибку прогноза.

4. Заключение

Рассмотрен алгоритм идентификации динамического объекта, учитывающий априорную информацию о его параметрах.

Алгоритм преобразовывал блок исходных данных в множество блоков меньшей размерности. Для каждого из этих блоков вычислялись оценки параметров объекта и запоминались номера строк, использованных для вычисления этих оценок.

Оператор, реализующий описанный алгоритм, преобразовывал матрицу исходных данных в специальную матрицу, учитывающую частоту попадания оценок в область h_i , тем самым отсекая малоинформативные строки.

Множественный коэффициент корреляции для такой модели будет равен $R=0,928$. СКО прогноза от истинных значений с вырезан-

ными “плохими” строками критического потока составляет 213. МНК оценки по 565 экспериментам дали СКО прогноза 211, то есть точность прогноза увеличилась на всего на 1%.

Список литературы

1. Безруков Ю.А., Астахов В.И., Брантов В.Г., Абрамов В.И. Тестов И.Н., Логвинов С.А., Рассохин Н.Г. Экспериментальные исследования и статистический анализ данных по кризису теплообмена в пучках стержней для реакторов ВВЭР // Теплоэнергетика. 1976. № 2.

2. Чадеев В.М., Илюшин В.Б. Алгоритм идентификации динамических объектов с учетом априорной информации об объекте // Автоматика и телемеханика. 2006. № 7.

3. Гусев С.С., Чадеев В.М. Алгоритм идентификации с переходом в пространство параметров // Проблемы управления. 2009. № 1.

К ВОПРОСУ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПОДСТРОЙКОЙ ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

**Ю.И. Еременко, А.Ю. Еременко,
Д.А. Полещенко, А.И. Глушенко**

*Старооскольский технологический институт (филиал) ФГОУ
ВПО НИТУ «МИСиС», Старый Оскол, Россия, ro-dima@yandex.ru*

В настоящее время в промышленности несмотря на большое количество разработок в области адаптивного и оптимального управления регулирование технологическими процессами в подавляющем большинстве случаев осуществляется с помощью ПИД регуляторов [1].

Следует отметить, что современная и классическая теория управления в значительной степени базируются на идее линеаризации систем.

Для качественной настройки ПИД-регуляторов необходимо наличие точной математической модели управляемого процесса. Однако, математическое моделирование, реализуемое на основе предположения о линейности объекта, может не отражать ее действительных физических свойств.

На этапе первичной автоматизации производства учет нелинейных свойств объекта не являлся критичным, поскольку сам факт внедрения ПИД-регуляторов и микроконтроллерной техники позволял до-

биться значительного экономического эффекта. Однако на сегодняшний день при модернизации систем управления (СУ) производится только замена контроллеров на более мощные, что уже не приносит желаемого эффекта, так как ПИД-закон управления, интегрированный в данные технические устройства, остается неизменным.

Также известно, что при изменении задания для контура управления с ПИД-регулятором его коэффициенты необходимо перенастраивать под новый режим работы объекта, что на реальном производстве в большинстве случаев не исполняется.

В связи с этим в статье рассматривается возможность разработки системы управления, которая для существующего контура управления с ПИД-регулятором имела бы алгоритм подстройки его параметров в реальном масштабе времени.

Для разработки такого алгоритма перспективным является применение методов искусственного интеллекта. Благодаря им, возможно справиться с присутствующими во многих реальных системах нелинейными характеристиками, неконтролируемыми шумами и помехами, сложными для моделирования динамическими элементами.

Наиболее реализуемой с практической точки зрения выглядит схема управления на основе автонастройки коэффициентов ПИД-регулятора с помощью нейронных сетей [2].

Такая схема позволяет учитывать неконтролируемые изменения параметров объекта, в том числе и нелинейные, не внося значительных изменений в существующий контур управления. Поэтому данная схема была выбрана в качестве предмета исследований.

1. Реализация СУ с нейросетевой подстройкой параметров ПИД-регулятора

Апробация СУ с нейросетевой подстройкой параметров ПИД-регулятора производилась на математической модели муфельной нагревательной печи, которая представлена на рис. 1.

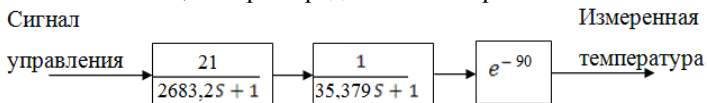


Рис. 1. Математическая модель нагревательной печи

Для данного объекта в пакете Matlab с целью получения сравнительных характеристик были синтезированы модели двух систем управления, приведенные на рис. 2.

Здесь в верхней части реализован ПИД-регулятор с нейросетевой подстройкой его параметров. В нижней части реализован классический ПИД-регулятор.

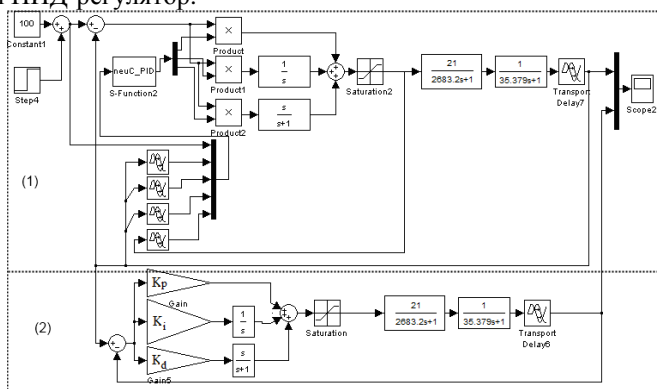


Рис. 2. Схема моделирования поведения объекта управления, регулируемого ПИД-регулятором (2) и ПИД-регулятором с нейросетевой подстройкой его параметров (1)

До начала моделирования создается нейронная сеть, которая имеет два слоя. Входной вектор состоит из пяти компонент: текущее задание по температуре, задержанные на один, два, три шага моделирования сигналы по выходу объекта управления и задержанный на один шаг моделирования сигнал управления объектом. Выходной слой содержит три нейрона, которые отвечают за формирование значений коэффициентов ПИД-регулятора. Экспериментально было установлено, что в скрытом слое необходимо использовать 15 нейронов. В скрытом слое использована функция активации гиперболический тангенс, в выходном слое – линейная функция.

Нейронная сеть для подстройки параметров ПИД-регулятора реализована программно в виде S-функции. Шаг моделирования принят равным одной секунде. Количество входов и шаг моделирования определены экспериментальным путем.

Весовые коэффициенты выходного слоя сети рассчитываются так, чтобы выходные нейроны в начальный момент времени выдавали значения коэффициентов ПИД-регулятора настроенного на 100 °С.

При моделировании весовые коэффициенты сети подстраиваются за счет алгоритма оперативного обучения [2], представляющего собой модифицированный алгоритм обратного распространения ошибки.

2. Моделирование созданных СУ и анализ переходных процессов

В опыте моделировались две ситуации: 1) работа систем управления в условиях изменения динамических свойств объекта обусловленное загрузкой печи. Первично параметры ПИД-регулятора оптимально настраивались на реализацию задания 100 °С для пустой печи. Моделирование выполнялось для загруженной печи, модель которой представлена на рис. 1; 2) изменение задания по температуре со 100 °С на 250 °С и обратно на 100 °С.

Из графиков переходных процессов (рис. 3) видно, что выход на 100 °С производится с меньшим перерегулированием, а выход на 250 °С разработанная система осуществляет быстрее на 8 мин., более полно используя ресурс канала управления (рис. 4).

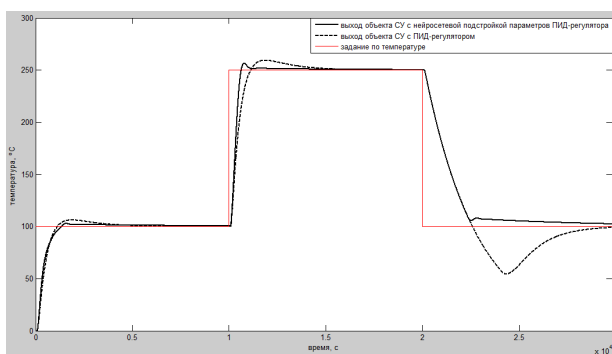


Рис. 3. Графики переходных процессов выходов объекта управления

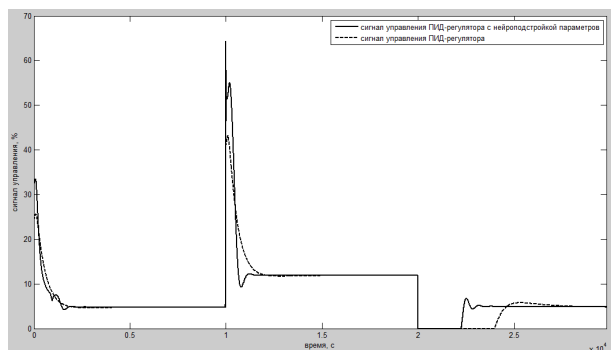


Рис. 4. Графики переходных процессов сигналов управления

При переходе с 250 на 100 °С ПИД-регулятор из-за эффекта «интегрального насыщения» проваливает переходную характеристику до 54 °С, чего не происходит в разработанной системе.

Заключение

Из проведенных исследований видно, что применение разработанной методики в условиях реального производства целесообразно и перспективно. Разработанная система управления позволяет учесть и справиться с неконтролируемыми изменениями параметров объекта, успевая за время переходного процесса подстроить параметры ПИД-регулятора обеспечивая качественный выход на задание.

Список литературы

1. Еременко Ю.И. Технология нейроуправления: монография. – Старый Оскол, 2008. – 158с.
2. Омату С. Нейроуправление и его приложения. Кн. 2 / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф; Пер. с англ. Н.В. Батина; Под ред. А.И. Галушкина, В.А. Птичкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с.: ил.

СИНТАКСИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СОТРУДНИКА

И.С. Наумов

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: naigsa@gmail.com*

1. Введение

Роль человека в промышленных автоматизированных системах сводится к минимуму. Человеку остается только контролировать автоматизируемые процессы и принимать решения по управлению ими. Все эти действия играют решающую роль в производстве, т.к. любая ошибка может привести к необратимым последствиям.

За технологическим процессом наблюдают несколько человек – операторов. И в случае нештатной ситуации, для устранения проблемы им необходимо знать, как устроен весь технологический процесс, для этого они должны обладать необходимым объемом знаний.

На сегодняшний момент в большинстве случаев знания человека вынуждены проверять специалисты-эксперты предметной области. Примерами таких проверок знаний являются различного рода экзамены, собеседования, которые предполагают решение учебных (тестовых) задач.

Добиться полной автоматизации в этой области довольно сложно, т.к. оценка знаний является сложным интеллектуальным процессом.

Основным средством получения процедурных знаний и средством проверки декларативных знаний являются учебные задачи. Учебная задача – задача, разрешение которой связано с открытием и освоением нового познавательного метода, относящегося к более широкому классу задач, чем исходные.

В процессе усвоения знаний (обучения) условно можно выделить источник знаний – теория предметной области и приемник знаний – человек. Знания предметной области являются эталонными знаниями, которые остаются неизменными в течение всего процесса обучения, а знания человека являются пополняемыми. Таким образом, цель обучения заключается в том, чтобы максимально точно передать знания предметной области человеку.

Учебная задача, так же как и описание предметной области, представляют собой знания, которые приобретает человек в результате ее решения. Знания, содержащиеся в учебной задаче, являются частью знаний предметной области.

При сравнении знаний учебной задачи со знаниями предметной области и знаниями человека мы можем говорить о сложности и трудности учебной задачи, которые характеризуют данные сравнения.

Большинство систем оценки трудности задач, которые существуют, на сегодняшний день не производят комплексную оценку. Зачастую трудность задач оценивается по какому-то одному критерию, например, число шагов решения, время решения, вероятность решения. Поэтому, проблема оценки трудности задач остается актуальной до сих пор.

В данной работе будет рассмотрен подход автоматизированной оценки сложности учебной задачи, основанный на синтаксическом анализе текстов. Под текстами в данном случае понимаются описание предметной области и учебной задачи. В результате анализа текстов строится семантическая сеть, которая представляет собой набор вершин (понятий предметной области) и набор связей (отношения между понятиями предметной области). Таким образом, знания предметной области, знания человека и знания, которые содержит оцениваемая задача, представляются в виде семантических сетей. Оценка трудности задачи осуществляется путем сравнения этих сетей между собой.

2. Трудность и сложность учебной задачи

Задача, в самом общем виде – это система, обязательными компонентами которой являются: предмет задачи, находящийся в исходном состоянии; модель требуемого состояния предмета задачи (требование задачи) [1].

К понятиям, которые открывают возможность для количественной оценки задач, относят понятия трудности и сложности задач. В научной литературе термины «трудность» и «сложность» используются при описании задач почти как синонимы. Между тем в рассматриваемой постановке, они имеют разный смысл.

Существует два вида трудности задач: интегральная и дифференциальная [1]. Интегральная трудность задачи характеризуется объемом расходования ресурсов решателя, а дифференциальная трудность – интенсивностью расходования ресурсов решателя.

Для оценки трудности решаемых задач используют различные количественные показатели – субъективные и объективные. Субъективные показатели отражают мнения людей о трудности задачи, это могут быть как эксперты, так и сами субъекты, решаемые задачу.

Объективные показатели делятся на две группы. К первой группе относятся показатели, которые характеризуют расходование ресурсов субъектом. Показатели второй группы характеризуют степень успешности процесса решения задачи или качество достигаемого результата.

Можно выделить два вида сложности задач: сложность формулировки задачи и сложность предполагаемого процесса решения задачи.

Понимая сложность задачи как сложность процесса ее решения, можно выделить два вида сложности: реальную (реальный процесс решения на данный момент), и нормативную (процесс решения нормативным способом).

Обычно, если уж различают понятия о трудности и сложности задач, то трактуют сложность задачи как объективную категорию и трудность как субъективную категорию. Трудность характеризует возможность субъекта преодолеть объективную сложность задачи [1].

Для оценки сложности и трудности задачи необходимо иметь модель знаний, с помощью которой будут представлена информация, которую несет в себе задача. Также модель знаний необходима для представления знаний предметной области и знаний обучающегося.

3. Представление знаний

Для того чтобы произвести оценку знаний субъекта необходимо как-то эти знания представлять. Знания – закономерность предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате практи-

ческой деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой предметной области [2].

Формально знания можно представлять, как особо структурированную информацию. Информация особо структурированная, потому что в процессе усвоения знаний у субъекта формируется свое представление знаний, отличное от всех других. Это связано с тем, что его представления могут не соответствовать представлениям автора, передающего знания, могут появляться дополнительные факты и утверждения, которые он получил в результате своих умозаключений.

На сегодняшний день разработано большое количество моделей представления знаний. К наиболее популярным и наиболее используемым моделям можно отнести продукционную модель, семантические сети и фреймовые модели.

Выделим особенности представления знаний субъекта, на которых мы будем основываться:

- основа знаний субъекта представлена в виде декларативных знаний¹;
- процесс получения знаний непрерывен, следовательно, модель знаний должна быть легко расширяемой;
- полученные знания не изменяются (категорические знания)².

Наиболее подходящей под эти условия моделью являются семантические сети. Семантические сети изначально разрабатывались для представления знаний, поэтому данный способ представления знаний удовлетворяет условиям, приведенным выше.

Под семантической сетью подразумевается граф, описывающий определенную ситуацию или некоторый объект предметной области. Узлы графа представляют собой понятия, а дуги – отношения между понятиями³.

4. Оценка трудности учебных задач

Рассмотрим один из способов оценки трудности формулировки задачи, т.е. оценки сложности формулировки задачи относительно субъекта, решающего задачу.

¹ Декларативные знания представляют собой утверждения об объектах предметной области, их свойствах и отношениях между ними.

² На самом деле знания могут изменяться, но отследить эти изменения не представляется возможным. Как правило, такие изменения не имеют масштабный характер, поэтому мы можем предположить, что знания являются неизменными.

³ Понятие – мысль, которая выделяет из некоторой предметной области и собирает в класс (обобщает) объекты посредством указания на их общий и отличительный признак.

Постановка задачи представляет собой текст⁴, сформулированный в терминах предметной области. Формально текст задачи описывает объекты (понятия) предметной области и их отношения между собой. Такое представление удобнее всего описывать в виде семантической сети. Но, построить семантическую сеть задачи, которая состоит из объектов предметной области возможно только путем привлечения эксперта предметной области. Это связано с тем, что для построения такой сети необходимо понимание текста задачи, т.е. необходимо уметь работать с текстом на семантическом уровне. Автоматизировать такой процесс не представляется возможным, т.к. задача семантического анализа текста, на сегодняшний день, не решена на должном уровне [3].

Таким образом, если мы не можем автоматизировать оценку задачи на семантическом уровне, то мы вынуждены «опуститься» до синтаксического уровня. Задача обработки текста на синтаксическом уровне имеет решение [3, 4].

Оценка знаний предполагает сопоставление имеющихся знаний с эталонными. В нашем случае эталонными знаниями будут являться знания о предметной области.

Мы имеем систему, состоящую из трех семантических сетей: сеть текущей задачи (задачу, трудность которой мы оцениваем), «сеть предметной области» и сеть обучающегося.

Для сопоставления сетей будем использовать понятие семантической близости. Семантическая близость сетей характеризует, то, насколько, отличаются сети друг от друга, т.е. для определения семантической близости осуществляется сопоставление вершин и дуг сетей.

Семантическая близость сетей определяется исходя из двух сопоставлений: сопоставление вершин и сопоставление связей между вершинами.

Результатом оценки семантической близости сети предметной области и сети текущей задачи будет являться сложность задачи, сети текущей задачи и сети обучающегося – трудность задачи. Семантическая близость сети предметной области и сети обучающегося будет говорить об объеме усвоенных знаний.

Таким образом, с помощью оценки семантической близости сетей можно решить задачу по подбору задач для обучающегося⁵ и задачу по оценке знаний обучающегося.

⁴ Другие варианты представления задач (рисунки, чертежи) рассматриваться не будут.

⁵ Подбор задач для обучающегося необходим для организации индивидуального процесса обучения. От правильного подбора задача будет

Текст задачи представляет собой набор предложений, состоящих из слов. Главными словами являются существительные, они олицетворяют объекты, например, «треугольник», «сторона», «точка»⁶. Существуют слова играющие роль связующих между существительными (отношения объектов), это могут быть глаголы и предлоги. Также связи могут образовываться за счет выявления падежа в словосочетаниях. Прилагательные в сочетании с существительными образуют новые объекты, происходит образование нового объекта из существующего за счет приписывания новых свойств объекту. Например, из объекта «треугольник» образуется объект «равнобедренный треугольник».

Таким образом, исходя из этих правил, по имеющемуся тексту можно построить простейшую семантическую сеть. Эта сеть позволит судить о том, как часто связываются друг с другом те или иные понятия⁷.

Рассмотрим пример семантической сети задачи. Текст задачи – докажите, что если луч исходит из вершины угла и образует с его сторонами равные острые углы, то он является биссектрисой угла [5]. На рис. 1 изображена семантическая сеть этой задачи.

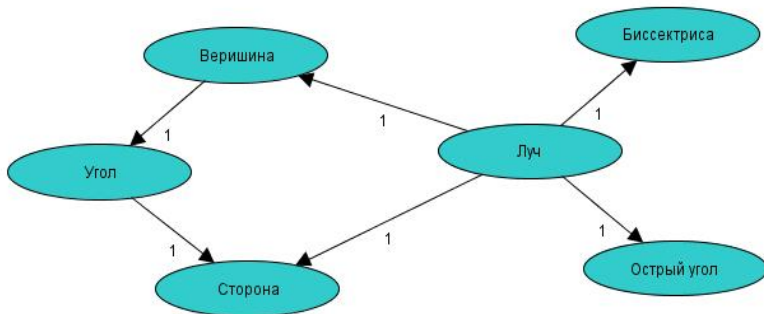


Рис. 1. Семантическая сеть задачи

зависеть скорость обучения, последовательность подачи учебного материала.

⁶ В дальнейшем все примеры будут рассматриваться в рамках предметной области планиметрии. Такой выбор связан с тем, что данная предметная область является простой и широко известной.

⁷ Имеются в виду объекты семантической сети, но не все объекты семантической сети являются понятиями предметной области.

Дуги семантической сети имеют вес, измеряющийся числом отношений между объектами, встретившихся в тексте. Как правило, в тексте одной задачи вес между объектами не бывает больше одного.

Рассмотрим, как и в какой последовательности происходит построение семантических сетей в процессе всего цикла обучения. Как правило, курс обучения разбивается на части. После каждой части происходит проверка знаний, которая выражается в виде решения задач обучающимся. Таким образом, процесс обучения представляет собой цикл, изображенный на рис. 2. Первый этап – построение семантической сети предметной области по разделу учебного материала. Второй этап – решение задач обучающимся до тех пор, пока он не усвоит материал. Формально усвоение материала означает, что сеть предметной области является либо частью сети обучающегося, либо полностью совпадает, т.е. в сети обучающегося будут существовать все вершины и дуги, которые существуют в сети предметной области, при этом вес дуг сети обучающегося должен быть больше или равен весу дуг сети предметной области.



Рис. 2. Цикл обучения

После того, как материал обучающимся усвоен, происходит построение семантической сети предметной области для нового раздела учебного материала. При этом сеть не строится заново, а достраивает-

ся уже существующая сеть, т.е. с каждым циклом обучения сеть предметной области модифицируется. Модификация подразумевает следующие действия с семантической сетью: изменение весов дуг, добавление новых дуг, добавление новых вершин.

Сеть обучающегося строится подобным образом. Цикл построения на рисунке 2 обозначен синим цветом. В случае каждого успешного решения задачи обучающимся, происходит расширение сети обучающегося за счет добавления сети решенной задачи.

6. Заключение

В данной работе был рассмотрен новый метод оценки знаний, который позволяет производить индивидуальную автоматизированную оценку знаний по предметной области на основе синтаксического анализа текстов.

Предложенный метод оценки знаний применим в различных областях деятельности человека. В частности, данный способ оценки знаний применим для оценки знаний сотрудников на автоматизированных производствах, позволяющий повысить надежность процесса производства.

Задача оценки знаний сводится к задаче оценки трудности учебных задач. Основная сложность задачи автоматизации оценки трудности учебных задач заключается в том, что текст, в виде которого представлены задачи, невозможно преобразовать в структуру объектов предметной области автоматически. Это связано с тем, что технологии, которые существуют на сегодняшний день, не решают эту задачу на должном уровне.

Методы, который была предложена в данной работе, заключалась в том, чтобы отказаться от семантического разбора текста, и останется на синтаксическом разборе. Таким образом, используя данный подход, мы можем повысить эффективность проверки знаний людей по предметной области.

Преимуществом предложенного подхода является тот факт, что метод не «привязываемся» к конкретной предметной области, что делает его более универсальным.

Список литературы

1. Балл Г. А. Теория учебных задач: психолого-педагогический аспект. М.: Педагогика, 1990. С. 59-64.

2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000, С. 384.

3. Белоногов Г.Г. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии. М.: Русский мир, 2004. С. 248.

4. Попов Э.В. Общение с ЭВМ на естественном языке. М.: Наука, 1982. С. 360.

5. Погорелов А.В. Геометрия. Учебник для 7-11 классов общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 1995. С. 383.

КАЧЕСТВЕННОЕ УЛУЧШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СТРУЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П.В. Коврыгин

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Москва, Россия, pavel-kovrigin@ya.ru*

В настоящей работе рассмотрен подход к улучшению быстрого действия элементной базы струйной техники, характеристики которой должны позволить реализовать многие задачи управления.

Если оценивать характеристики струйных систем [1], они на два порядка более надежны, чем электромеханические потому, что:

- не имеют подвижных и трущихся фрагментов;
- не создают электромагнитных и механических помех для другой бортовой аппаратуры;
- имеют низкую стоимость производства и эксплуатации;
- не подвержены физическим неисправностям, связанным с изменением уровня питания;
- не используют прикладного и системного МО.

Кроме того, они сохраняют работоспособность в широком диапазоне температур рабочего газа и окружающей среды [2]. Именно это делает весьма привлекательным использование струйных элементов. Однако струйные элементы обладают существенно более низким быстрым действием в сравнении с электронными. Поэтому, возникает необходимость повышения быстрого действия струйных элементов.

В работах [1, 3] было показано, что быстрое действие струйных элементов повышается с уменьшением их линейных размеров и увеличением скорости истечения рабочего газа в каналах питания. Поэтому основными методами повышения быстрого действия струйных элементов являются:

- миниатюризация струйных элементов;
- использование газов с меньшей плотностью, например, гелия, водорода или гелиево-водородной смеси;
- использование рабочих газов с большей скоростью распространения звуковых волн (те же гелий или водород);
- совершенствование технологии изготовления и переход к устройствам со степенью интеграции до 15...20 и более элементов в см³.

Физические свойства и параметры рабочего газа определяют газодинамические процессы в струйных элементах: давление питания, с которым подводится газ к струйным устройствам; давление окружающей среды, в которую сбрасывается прошедший через струйные устройства газ; сам газ с его плотностью и скоростью распространения в нём звуковой волны.

Рассмотрим влияние указанных параметров рабочей среды на быстродействие струйных элементов. Можно воспользоваться формулой, предложенной в работе [5] для всего диапазона докритических режимов истечения, если плотность газа считать по давлению окружающей среды p_1 .

$$G = efg \sqrt{2r(p_0 - p_1)}, \text{ или } G = efg \sqrt{2r\Delta p}, \quad (1)$$

где Δp - разность давлений до и после сопла. Соответственно, для объёмного расхода

$$Q = efg \sqrt{\frac{2\Delta p}{r}} \quad (2)$$

Для одного и того же сечения сопла при различных условиях истечения соотношения весовых расходов можно представить

$$\frac{G_1}{G_2} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}} \quad (3)$$

а для объёмных расходов

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}} \sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}} \quad (4)$$

Для СУ ЛА важнейшие показатели струйных элементов - быстродействие, весовой расход рабочей среды и потребляемая мощность. Они практически и определяют ГМХ СУ ЛА.

Рассмотрим зависимости указанных показателей от давления питания, выбора рабочей среды и давления окружающего пространства, куда она сбрасывается.

Для удобства выявления характера этих зависимостей в струйных элементах введем относительные коэффициенты и сравним с известными, принятыми за исходные.

За исходные принимаем значения для струйного активного элемента, имеющего ширину канала сопла питания 0,4 мм, глубину 0,8 мм, работающего на воздухе с избыточным давлением питания 1 кПа при абсолютном давлении окружающей среды 100 кПа. При этих условиях объёмный расход $Q = 40$ нл/ч. Удельный вес воздуха при этих условиях равен $1,29$ кг/м³, а весовой расход - $G = 0,05$ кг/ч. Мощность питания элемента с округлением примем равной 10 мВт.

Введем следующие относительные коэффициенты. Относительный коэффициент быстрогодействия λ_V соответствующий отношению скорости истечения через сопло питания при работе на выбранных рабочей газе, давлении питания рабочей и окружающей сред к скорости истечения через сопло при вышеуказанных исходных условиях; при расчете величины λ_V отношение скоростей можно заменить отношением объёмных расходов при тех же условиях.

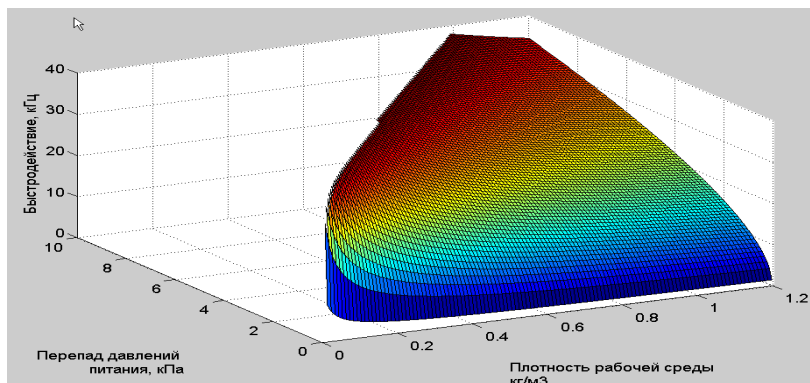
Относительные коэффициенты λ_G и λ_N определяют соответствующие отношения весовых расходов и мощностей к тем же исходным значениям, причем для самих этих условий значения указанных коэффициентов равны единице. По формулам (1)-(4) были рассчитаны величины этих коэффициентов для случаев работы струйного элемента при разных избыточных давлениях питания (0,1 ... 10 кПа), абсолютных давлениях окружающей среды (100 ... 1 кПа) и различных рабочих средах (воздух, гелий, водород).

Для более наглядного восприятия приведенной выше таблицы и важных коэффициентов быстрогодействия полученных экспериментальным путем было проведено численное моделирование параметров в программной оболочке MATLAB 2008. Получены следующие поверхности: быстродействие в зависимости от перепада давления питания и плотности рабочей среды $\lambda_V(\Delta P, \rho)$ (см. рисунок), весовой расход в зависимости от перепада давления питания и плотности рабочей среды $\lambda_G(\Delta P, \rho)$, мощность в зависимости от перепада давления питания и плотности рабочей среды $\lambda_N(\Delta P, \rho)$.

Основным фактором, определяющим коэффициенты λ_V , λ_G и λ_N при заданном избыточном давлении питания, является плотность рабочей среды независимо от того, на каком газе работают струйные элементы.

Важное обстоятельство - снижение коэффициента λ_G с переходом на легкие газы и пониженное абсолютное давление. Весовой расход газа при этом снижается во столько раз, во сколько увеличивается

быстродействие λ_v . Этот фактор - важнейший для ЛА, так как уменьшается весовой расход с увеличением объемного расхода.



Быстродействие в зависимости от перепада давления питания и плотности рабочей среды

Заключение

- Увеличение быстродействия струйной техники связано с уменьшением линейных размеров первичных струйных элементов, понижением абсолютного давления окружающей среды (в полости сброса рабочей среды) и применением легких газов.
- Современный уровень техники позволяет достичь быстродействия струйных элементов порядка 200 кГц
- Изготовление быстродействующих струйных устройств должно выполняться на базе развитой технологии с высоким уровнем интеграции.

Список литературы

1. Касимов А.М., Мамедли Э.М., Попов А.И., Чернявский Л.Т. *Радикальное повышение быстродействия элементной базы резервных систем управления летательными аппаратами*. // Датчики и Системы.- 2005.-№ 4. С. 29-33.
2. Залманзон Л. А. *Теория элементов пневмоники*. - М.: Наука, 1969. -508 с.
3. Степанов Г. П., Касимов А. М., Белуков А. А., Вологодский Н. В. *Струйная пневмоавтоматика воздушно-реактивных двигателей в авиационной практике* // Избр. тр. Междунар. конф. по проблемам управления: ИПУ РАН. - М., 1999. Т. 2. - С. 220-232.

4. Касимов А. М. *Пути увеличения быстродействия элементов и приборов струйной техники.* / Струйная техника автоматического управления. –М.: Наука, 1965. - С. 451-454.

5. Березовец Г. Т., Дмитриев В. Н, Наджафов Э. М. *О допустимых упрощениях при расчете пневматических регуляторов // Приборостроение.* -1957. № 4. С. 55-56.

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Л. М. Боева, М. А. Цуканов

СТИ НИТУ МИСиС, Старый Оскол, Россия, tsukanov_m_a@mail.ru

Любая управляющая система, работающая в реальном времени, должна иметь эталон или план поведения, с которым проводится сравнение фактических показателей ее функционирования.

Для производственного процесса эталоном поведения является модель его протекания во времени. Необходимость разработки такой модели диктуется тем, что материальные и трудовые элементы системы (машины, оборудование, материалы и люди) представляют собой набор ресурсов, которые можно объединить и привести в динамическое равновесие лишь на основе согласования их действий во времени по определенному плану. Модель производственного процесса — это его абстрактное отображение, устанавливающее порядок и сроки взаимодействия всех видов ресурсов в пространстве и во времени в ходе производственного процесса, т.е. эталон поведения производственной системы в целом и отдельных ее элементов в течение определенного календарного промежутка.

Такой моделью может быть расписание, представляющее собой совокупность сведений о последовательности и времени совершения событий, являющихся этапами производственных процессов, предприятия или его структурного подразделения (цеха, участка). Так, можно говорить о расписании процесса изготовления единицы объема продукции с момента начала первой операции до окончания последней как о длительности производительного цикла. Вместе с тем, расписанием является и перечень работ, выполняемых в конкретный период по всем объектам производства в данном подразделении, т.е. по изготовлению всех единиц объема продукции в течение этого времени. Расписание составляют обычно в табличной или графической форме; последняя предпочтительнее, так как более наглядно отражает процесс

и его элементы, условно показывая на чертеже-графике и время, и расстояние [1].

Составить план-график — значит заранее разработать модель функционирования предприятия, цеха, участка, рабочего места во времени, предусматривающую выполнение в данный момент именно той работы (и в том объеме), которая необходима для организации бесперебойного хода совокупного производственного процесса предприятия, обеспечивающего выпуск конкретной продукции в заранее обусловленный срок.

Предписанные планом действия реализуются множеством производственных ячеек, каждая из них представляет собой вероятностную систему, на результаты работы которой влияют многие факторы, в том числе и отрицательные. Это требует непрерывного наблюдения за ходом производственного процесса и регулирования его с тем, чтобы предупредить отклонения или свести к минимуму потери от этих отклонений.

Рассмотрим концепцию распределенной мультиагентной системы (МАС) применительно к проектированию системы оперативного управления и диспетчирования сложноструктурируемых динамических систем.

Для моделирования отдельных звеньев нижнего уровня производственной системы предлагается использовать агрегативный подход на основе агрегатов Бусленко. Агрегат A_j характеризуется набором координат $x_j^{(l)}, (l = \overline{1, L^*})$, которые описывают состояние агрегатов, и операторами смены состояний H_j и выходов G_j [2].

Моделирование взаимосвязей между агрегатами (уровень координации) осуществляется с использованием математического аппарата сетей Петри. Сеть представляет собой структуру технологических маршрутов, распределённых по оборудованию цеха в виде графа, где множества вершин-позиций P_i интерпретируют соответственно входное и выходное условие работы соответствующей группы агрегатов Бусленко, взаимосвязь между агрегатами представлена вершинами-переходами T_i [3].

Необходимым компонентом МАС является база знаний на основе производственной модели, в которой хранятся алгоритмы и инструментарий функционирования «агента-супервизора» и «агента-координатора». В базе данных хранится информация о номенклатуре производимой продукции, составе и характеристиках производственных агрегатов, технологические маршруты.

Верхний уровень системы – супервизор, решает задачу оптимизации производственного графика. Задача составления сменного-суточного графика относится к классу задач составления расписаний, но наличие нескольких однотипных агрегатов, многовариантность

технологических маршрутов и последовательно–параллельные и перекрестные транспортно-технологических потоки определяют задачу как NP-сложную, т.е. время ее решения заведомо превышает нормы оперативного управления и не дает возможности принятия решений в темпе производства.

Оптимизация контактного графика осуществляется с применением следующих целевых функций:

Минимизация времени простоя:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t(i, j) \rightarrow \min ,$$

где $t(i, j)$ – время выполнения i -го технологического задания на j -ом технологическом агрегате, n – количество заданий для всех технологических агрегатов, m – общее количество технологических агрегатов.

Минимизация энергозатрат:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q(i, j) \rightarrow \min ,$$

где $q(i, j)$ – энергозатратность выполнения i -го технологического задания на j -ом технологическом агрегате.

Данные целевые функции используются в условиях следующих ограничений:

- Для каждой единицы времени t на любой технологической установке m не должно выполняться более одного задания i ;
- Все n заданий должны быть выполнены.

В данном случае пространство поиска R — это множество дискретных кусочно-постоянных непрерывных функций D_i со значениями $t_i^j \in Tr_n = [t_i^j \dots t_i^{Tr_n}]$, представляющих производственное расписание, на основе которого производится построение контактного графика, где t_i^j – продолжительность обработки производственного i -го технологического задания на j -ом технологическом агрегате. Решение $r \in R$, при котором каждая позиция расписания принимает значение, удовлетворяющее всем ограничениям из множества, является возможным решением данной задачи.

Решение $r^* \in R$ называется *глобальным оптимумом*, если $\forall r^* \in R \{ (t(r^*) \leq t(r) \cup ((q(r^*) \leq q(r)) .$

Данная задача относится к классу комбинаторных. Методы решения задач комбинаторной оптимизации (КО) можно разделить на точные и приближенные. Точные методы, например метод ветвей и границ, позволяют всегда находить оптимальное решение, но для решения NP-полных задач решение будет найдено за экспоненциальное время, так как пока не предложен ни один точный алгоритм решения

хотя бы одной NP-полной задачи за полиномиальное время. Приближенные методы решения задач КО позволяют решать даже NP-полные задачи за приемлемое для практических нужд время с малой погрешностью, что повышает интерес к дальнейшему изучению приближенных методов решения задач КО.

На практике для решения NP-сложных задач часто используют эвристические методы, не гарантирующие нахождение оптимального решения, но позволяющих достаточно быстро получать решения приемлемого качества.

К наиболее эффективным и популярным эвристическим методам относятся так называемые метаэвристики - обобщенные стратегии поиска оптимума в пространстве решений. Начальная их реализация, как правило, достаточно проста и позволяет быстро получить практический результат. В качестве примера можно привести “имитацию отжига” (Simulated Anneal), “генетические алгоритмы” (Genetic Algorithms), Iterated Local Search (ILS) [4] и Scatter Search (SS)[5].

Предложенный подход к построению МАС оперативного управления позволяет отслеживать полный цикл операций по получению готовой продукции с учетом изменений в режимах работы оборудования и вносить внесения корректировки в контактный график производства в режиме реального времени.

Список литературы

1. Коффман Э.Г. Теория расписания и вычислительные машины М.: Наука, 1987.
2. Цуканов М.А., Боева Л. М. Сталеплавильное производство как агрегативная система // Ижевск, - Труды 6 Всероссийской школы-семинара «Управление Большими Системами», т. 2, 2009. С. 359-370.
3. Боева Л. М., Цуканов М. А. Моделирование технологической координации оборудования сталеплавильного цеха на основе аппарата вложенных сетей Петри // Энергетические комплексы и системы управления. Воронеж: КВАРТА, 2010, №2 (18). 64 с. – С. 30-34.
4. Stützle T. Iterated local search for the quadratic assignment problem // European Journal of Operational Research, Vol. 174, Issue 3, 1 November 2006, pp. 1519-1539.
5. Glover F. Scatter Search and Path Relinking // New Ideas in Optimization, D. Corne, M. Dorigo and F. Glover, Eds. McGraw Hill, 1999, pp. 297-316.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОКЛИМАТА

В.В. Правильникова

Липецкий государственный технический университет,

г. Липецк, Россия, pravilnik@mail.ru

Существующая нормативно-правовая основа, определяющая механизмы и источники средств для стимулирования работ по энергосбережению в России, достаточно разнообразна и состоит из документов федерального, отраслевого, регионального и внутривузовского уровня. Решение задачи стимулирования энергосбережения должно основываться на детальной и достоверной информации об энергопотреблении, что требует создания систем автоматизированного контроля энергопотребления каждого структурного подразделения. Поэтому энергосбережение дает в первую очередь эффект финансовой экономии самому вузу.

Практическим средством достижения сбережения энергетических ресурсов в Липецком государственном техническом университете является система автоматизации систем инженерного обеспечения зданий и учебных корпусов при строгом учёте энергопотребления [1].

Одними из самых энергоёмких систем инженерного оборудования зданий и сооружений являются системы кондиционирования воздуха. Энергетические затраты на кондиционирование составляет 30-50% от стоимости эксплуатации зданий [2, 3]. Поэтому проблема энергосбережения является одной из самых важных задач эффективности использования энергии в процессах кондиционирования воздуха.

Окружающая воздушная среда является определяющим фактором сохранения здоровья и активной жизнедеятельности людей. Задачами комфортных по назначению систем вентиляции и кондиционирования является создание и поддержание в помещении благоприятных для жизнедеятельности параметров окружающего воздуха.

Эффективность работы систем кондиционирования воздуха в помещении плавательного бассейна ЛГТУ возможно значительно увеличить, если используя математическое моделирование теплового поведения сооружения, осуществить оптимальное управление системами кондиционирования воздуха, основанное на использовании регулирования параметров воздушной среды.

Целью исследования является построение математических моделей процессов, которые обеспечивают соответствующий нормам микроклимат и позволяют регулировать объёмы потребляемых энергоресурсов.

Производительность по воздуху приточных и вытяжных систем вентиляции и кондиционирования определяются по условиям удаления из рабочей зоны вредных, влияющих на формирование определяющих воздушных параметров.

В работе рассматриваются три способа определения расчетного расхода приточного воздуха по типам определяющих вредных: тепловыделений, влагопоступлений и избытка углекислого газа. Составление теплового и влажностного баланса производится общеизвестными методами, принятыми в отопительно-вентиляционной технике [4,5]. В модели учитываются все факторы, влияющие на изменение состояния воздушной среды помещения бассейна.

Например, расчет требуемого расхода приточного воздуха для удаления теплоизбытков производится по формуле:

$$L_n^1 = \frac{\sum Q_{изб} \cdot 3,6}{r_n (t_y - t_n) c}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где t_y - температура удаляемого воздуха; t_n - температура приточного воздуха; r_n - плотность приточного наружного воздуха; c - удельная теплоемкость воздуха.

Избытки явного тепла рассчитываются следующим образом:

$$\sum Q_{изб} = Q_{осв} + Q_{пл} + Q_{обх} + Q_{ис} - Q_{в}, \quad (2)$$

где поступления и потери тепла в помещении определены следующим образом.

Теплопоступления от освещения в холодный период года:

$$Q_{осв} = F \cdot E \cdot q_{осв} \cdot h_{осв}, \quad (3)$$

где F - площадь пола помещения бассейна; E - удельная освещенность; $q_{осв}$ - коэффициент удельного тепловыделения; $h_{осв}$ - доля тепла, поступаемого в помещение.

Теплопоступления от пловцов в бассейне:

$$Q_{пл} = q_{я} \cdot N(1 - p), \quad (4)$$

где $q_{я}$ - количество тепла, выделяемое человеком; N - количество человек; p - доля времени, проводимого пловцами в бассейне.

Теплопоступления от обходных дорожек:

$$Q_{обх} = a_{обх} \cdot F(t_{обх} - t_g), \quad (5)$$

где $a_{обх}$ - коэффициент теплоотдачи; F - площадь обходных дорожек; $t_{обх}$ - температура поверхности дорожек.

Теплопотери на нагрев воды в ванне:

$$Q_g = a \cdot F_g (t_g - t_{нов}), \quad (6)$$

где a - коэффициент теплоотдачи; F_g - площадь поверхности воды в ванне; $t_{нов} = t_{ван} - 1$ - температура поверхности воды; $t_{ван}$ - температура воды в ванне.

На испарение воды затрачивается количество теплоты, которое поступает из воздуха при наличии градиента температур ($t_g - t_w$) в сторону воды, а также количества теплоты, отдаваемое горячей водой в водяном нагревателе. Горячая вода поступает при насосной циркуляции от источника теплоснабжения. Поток теплоты, затрачиваемый на испарение воды:

$$Q_{ис} = W_B \cdot r, \quad (7)$$

W_B - количество испаряющихся водяных паров с поверхности ванны.

Скрытую теплоту парообразования r при температуре воды $t_{ван}$ находят как:

$$r = 2500 - 4,2t_{ван} \quad (8)$$

Количество наружного воздуха, обрабатываемого и вводимого системой кондиционирования в помещение, оказывает большое влияние на расход тепла. Поэтому в целях экономии энергии необходимо стремиться к уменьшению количества обрабатываемого наружного воздуха. В работе предлагается осуществить управление электродвигателем приточного вентилятора с помощью программируемого логического контролера. Используется алгоритм или закона регулирования, формирующий управляющее воздействие с учетом скорости изменения расхождения фактического и минимально необходимого расхода приточного воздуха, показателей относительной влажности и температуры воздуха в помещении плавательного бассейна.

Проведенное исследование показало, что инженерные системы обеспечивают заданный микроклимат в помещении бассейна в рабочее время, но при этом наблюдается значительный расход энергоносителя в системе нагрева приточного воздуха. В то же время наблюдается превышение относительной влажности, которое может привести к увеличению влажности материалов, росту теплопотерь помещения, снижению долговечности здания. Поэтому требуется внедрение си-

стемы автоматического регулирования параметров воздушной среды и расхода приточного воздуха в помещении бассейна. Результаты исследования позволяют оптимально организовывать регулирование работы инженерных систем, формирующих микроклимат помещений здания.

Следующим этапом является разработка и исследование фундаментальных принципов построения программного обеспечения системы программируемого логического контроллера для анализа поступающей информации о температуре и влажности в помещении бассейна.

Автор выражает благодарность научному руководителю доктору физико-математических наук, профессору С.Л. Блюмину за постановку задачи и внимание к работе.

Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 09-07-00220-а.

Список литературы

1. Правильникова В.В. Разработка математической модели энергопотребления вуза // Первый шаг в науку – 2010: Сборник материалов VII Междунар. форума студенческой и учащейся молодежи, 2010. Минск. – Мн.: «Четыре четверти», 2010. – 608 с.; - С. 527-529.

2. Карпис Е.Е. Повышение эффективности систем кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1977. – 314 с.

3. Креслинь А.Я. Оптимизация энергопотребления системами кондиционирования воздуха. – Рига: РПИ, 1982. – 155 с.

4. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. – М.: Термокул, 2004. – 320 с.

5. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. – Теория и практика. – М.: Евроклимат, 2001. – 567 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ С УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Э.В. Сафин, А.Х. Ильясова

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия, E-mail: edsafin@ufamail.ru*

В последние годы большое внимание уделяется изучению возможности применения в качестве конструкционных материалов титановых сплавов с измельченной микроструктурой. Повышенное внимание к этим материалам обусловлено тем, что их механические свой-

ства существенно отличаются от крупнозернистых аналогов. В ряде исследований было показано, что двухфазные титановые сплавы с нанокристаллической (НК) и субмикрокристаллической (СМК) структурами обладают повышенными характеристиками прочности, сопротивления усталости, износостойкости, а также низкотемпературной сверхпластичностью (очень привлекательным свойством с точки зрения разработки новых ресурсосберегающих технологий) [1, 2].

С другой стороны, материалы с НК и СМК структурами обладают рядом недостатков, сдерживающих использование этих материалов на практике: пониженными термостабильностью [1,2,3], ударной вязкостью [4], циклической трещиностойкостью [1], повышенной чувствительностью к концентраторам напряжений, а также интенсивным порообразованием при циклических нагрузках в зоне наибольших напряжений (приповерхностной зоне) [1,4].

Кроме того, большинство известных методов формирования НК и СМК структур в достаточно массивных заготовках (кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование (РКУП) и прессование с многократной сменой оси деформирования) приводят к значительному увеличению стоимости обрабатываемого материала вследствие их низкой производительности.

Другая проблема заключается в сложности выбора эффективных методов и режимов упрочняющей поверхностной обработки СМК и НК титановых сплавов. В этих изначально объемно-упрочненных материалах с высокой плотностью дислокаций и большой протяженностью границ зерен затруднительно реализовать механизм дополнительного дислокационного упрочнения поверхности, поэтому использование таких технологических методов, как алмазное выглаживание или дробеструйная обработка практически не даст положительного результата, связанного с существенным повышением микротвердости поверхности и формированием в приповерхностном слое сжимающих остаточных напряжений. Для НК и СМК материалов эти методы полезны лишь с точки зрения улучшения параметров шероховатости поверхности и формирования регулярного микрорельефа. Поэтому все методы упрочнения поверхности СМК и НК титановых сплавов должны быть связаны с изменением химического состава поверхности, то есть с реализацией механизмов твердорастворного и дисперсионного упрочнения. При этом в процессе поверхностной обработки следует избегать существенного нагрева материала для недопущения его объемного разупрочнения.

Вышеперечисленные особенности титановых сплавов с СМК и НК структурами требуют применительно к ним выработки общих под-

ходов в области управления качеством, поскольку это важно как с точки зрения достижения наилучших эксплуатационных характеристик деталей, так и точки зрения разработки наиболее эффективной технологии их изготовления.

Список литературы

1. Жеребцов, С.В. Влияние субмикроструктурной структуры на усталостную прочность титанового сплава ВТ6 / С.В. Жеребцов, Г.А. Салищев, Р.М. Галлеев, Э.В. Сафин и др. // Перспективные материалы. 1999. № 6. С. 16-23.
2. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р.З. Валиев, И.В. Александров. М.: Логос, 2000. 271 с.
3. Лутфуллин Р.Я. Влияние исходной структуры на механические свойства соединенных в сверхпластическом состоянии образцов титанового сплава ВТ6 / Р.Я. Лутфуллин, М.Х. Мухаметрахимов // Металловедение и термическая обработка металлов. 2006. № 2. С. 11-13.
4. Сафин Э.В. Перспективы промышленного применения титановых сплавов с нанокристаллической структурой в авиационной промышленности / Э.В. Сафин, А.М. Смыслов и др. // Физикохимия ультрадисперсных систем: Сб. трудов VIII Всерос. конф. М.: МИФИ, 2009. 284 с.; С. 268-272.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ДОМЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

Е.Б. Иванов

*Учреждение Российской Академии Наук Институт проблем
управления им. В.А. Трапезникова РАН,
г. Москва, Россия, ivanov-ics@mail.ru*

Рассматривается система поддержки принятия решений по управлению доменным процессом, предназначенная для предотвращения аварийных ситуаций, повышения квалификации обслуживающего персонала и обучения студентов старших курсов вузов технических специальностей, в основу которой заложен принцип гетерогенного моделирования, т.е. объединение разнородных моделей.

**Основы разработки системы поддержки принятия решений
по управлению доменным процессом**

В Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН разработана система поддержки принятия решений по управлению доменным процессом на основе гетерогенного способа моделирования. Данный способ основан на взаимосвязи известных и наиболее применяемых на производстве математических и логических моделей [1-5]. В разработанной системе учитывается вероятность отказа одной из моделей, но при этом система продолжает работать в нормальном режиме за счет использования основных и дублирующих каналов связи (рис. 1). Такой подход позволяет учитывать наиболее важные факторы управления процессом и вовремя принимать оперативные решения по предотвращению аварийных ситуаций.

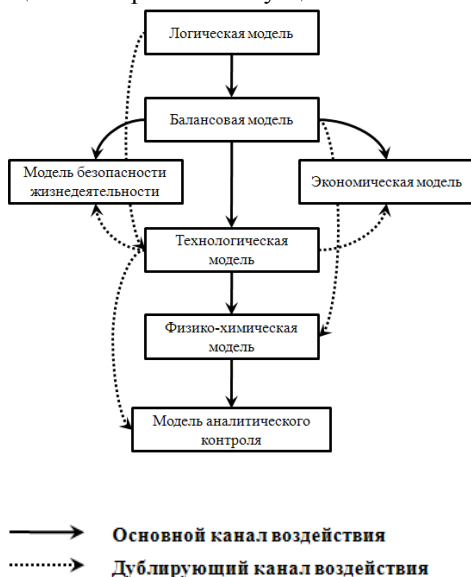


Рис. 1. Модель системы поддержки принятия решений по управлению доменным процессом

В соответствии с рис. 1 на первоначальном этапе используется логическая модель как основная применяемая в оперативном управлении в целях сокращения числа простоев и предотвращения аварийных ситуаций. Далее используется балансовая и технологическая модели для определения количества шихтовых материалов и технологии плавки, соответственно. Физико-химическая модель участвует в расчете перераспределения химических элементов между чугуном и шлаком при заданной температуре и давлении дутья. Целью использования

модели аналитического контроля является проведение качественного анализа продукции с использованием системы Rapid на основе базы данных американского общества стандартов и материалов (ASTM). Также в разработанной системе применяются модели экономики (расчет себестоимости продукции) и безопасности жизнедеятельности (определение безопасности работы персонала).

Результаты применения системы поддержки принятия решений по управлению процессом

Система разработана специалистами ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН и реализована средствами языка программирования *Delphi7*. На рис. 2 представлен интерфейс программы, который состоит из графического (профиль доменной печи, слева) и динамического (режим управления, наблюдаемые и регулируемые параметры в виде трехзначной логики с их соответствующими значениями, справа) протоколов.

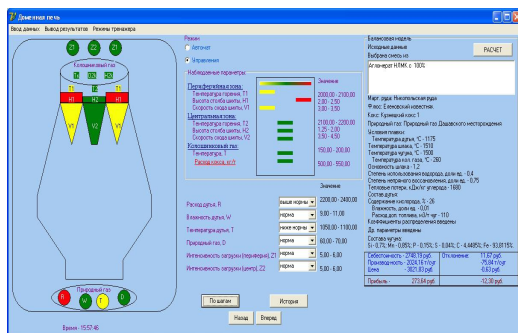


Рис. 2. Интерфейс системы поддержки принятия решений по управлению доменным процессом

Выводы

В разработанной системе поддержке принятия решений по управлению доменным процессом использован принцип гетерогенного моделирования, т.е. объединения разнородных моделей. Это позволяет сократить число ошибок при эксплуатации системы и, как следствие, дать достаточно полное и четкое управление рассмотренным технологическим процессом. Данная система в качестве тренажера внедрена в доменных цехах ОАО "Косогорский металлургический завод", ООО

“Уральская сталь” (Орско - Халиловский металлургический комбинат), а также в учебном процессе Московского института стали и сплавов (Новотроицкий филиал), что подтверждено актами и справками о внедрении.

Список литературы

1. **Бегтингер Д.** Доменный процесс производства чугуна // Steel Times International на русском языке. 2005. сентябрь. С. 10 – 18.
2. **Чистов В.П.** Разработка экспертной системы на основе логического интеллекта для управления доменной печью // Наука и инженерное творчество – 21 веку. 1995. С. 89 – 92.
3. **Вегман Е. Ф., Жеребин Б. Н., Похвистнев А. Н. и др.** Металлургия чугуна. М.: Академкнига, 2004. 774с.
4. **Товаровский И. Г., Ободан Я. М., Проценко В. Г.** Расчетный анализ доменного процесса с использованием ЭВМ. М.: Доменное производство, 1975. 107 с.
5. **Падерин С. Н., Филиппов В. В.** Теория и расчеты металлургических систем. М.: МИСиС, 2002. 334 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА

Д.И. Кинзин

*«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И.Носова», г. Магнитогорск, Россия, kinzin@mail.ru*

Основным элементом технологии производства сортового проката является калибровка валков, от правильности разработки которой зависят технико-экономические и качественные показатели процесса прокатки. При этом нет четких критериев правильности калибровки того или иного профиля, более того существует бесконечное число вариантов калибровки, которые обеспечивают получение требуемого профиля проката из заданной заготовки. Таким образом, возникает задача выбора наилучшего варианта калибровки по тем или иным критериям. В качестве критериев оптимизации могут выступать минимум энергозатрат, максимальный коэффициент эффективности калибровки, минимальный износ валков или другие критерии. Строгая математическая постановка и решение подобных задач оптимизации в прошлом не представлялись возможными из-за отсутствия научно обоснованных методов расчета калибровки валков.

В большинстве своем работа калибровщика базировалась на практическом опыте чем на формализованных методиках. В настоящее время, благодаря многим научным исследованиям, подобная ситуация начинает меняться [1, 2]. Имеющийся разрыв между теорией обработки металлов давлением и комплексом знаний по разработке калибровки постепенно сокращается, что в будущем не сомненно должно привести к созданию достаточно стройной теории калибровки прокатных валков.

Многолетний опыт работы автора данной статьи в области разработки математических моделей процессов сортовой прокатки позволил поставить ряд задач оптимизации калибровки простых сортовых профилей, одна из которых и представлена далее.

В большинстве своем калибровка простых сортовых профилей представляет собой последовательность из чередующихся равноосных и неравноосных калибров, позволяющих из исходной заготовки получить требуемый профиль. При этом форма и размеры промежуточных равноосных калибров во многом может быть обусловлена сортаментом стана, т.к. профили различных размеров выпускаются из разных клетей, а неравноосные калибры могут выбираться более свободно. Например, в сочетании с круглыми калибрами можно использовать овалы, оформленные различными радиусами, плоские или многорадиусные овалы или даже гладкую бочку.

Исходя из сказанного рассмотрим прокатку в двух клетях. При этом зададим равноосные сечения на входе в первую клетку и на выходе из второй. В первой клетке мы можем подобрать бесконечное многообразие неравноосных калибров, которые позволят из заданного входящего сечения получить требуемый профиль на выходе из второй клетки. Таким образом, получим множество калибровок дающих на выходе один и тот же профиль, но отличающихся по прочим характеристикам, т.е. возникает задача оптимизации формы и размеров неравноосного калибра.

В качестве критерия оптимизации выберем, например, максимум коэффициента эффективности калибровки [3]. Данное понятие относится к вытяжным калибрам и характеризует их вытяжную способность. При прочих равных условиях различные калибры позволяют получить различное значение коэффициента вытяжки. Те калибры, которые обеспечивают больший коэффициент вытяжки, отличаются большей эффективностью.

Отсюда, коэффициент эффективности можно определить по формуле:

$$K_{\text{э}} = V_l / V_h ,$$

где V_l – смещенный объем металла в продольном направлении (в направлении вытяжки), а V_h – смещенный объем металла по высоте (в направлении обжатия).

Так как в паре калибров общая вытяжка задана, то максимальная эффективность будет обеспечена в том случае, когда сумма смещенных объемов металла по высоте в первой и второй клетях будет минимальной.

Контур калибра первой клетки можно рассматривать как неизвестную функцию, а смещенный объем металла по высоте выбрать в качестве функционала. То есть задача оптимизации должна относиться к области вариационного исчисления, однако не всякая функция может быть использована в качестве контура калибра, например, ломаная линия, по понятным причинам не может рассматриваться в качестве решения. Это означает, что необходимо ввести ограничения на вид искомого контура (искомой кривой), что переводит задачу из области классического вариационного исчисления в область теории оптимального управления.

Сформулируем задачу оптимального управления (ЗОУ).

Известно, что теория оптимального управления изучает управляемые объекты и ищет наилучшие способы управления ими [4]. Исходя из этого будем условно рассматривать искомым контур калибра, описываемый функцией $x = f(t)$, как траекторию движения некоторого абстрактного объекта с началом в точке (x_0, t_0) и концом в точке (x_1, t_1) (см. рисунок).

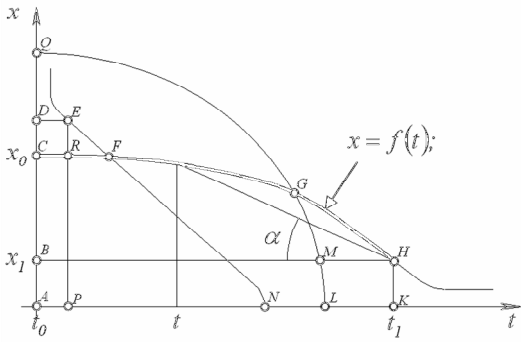
Математическую модель движения данного объекта представим в виде системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dj}{dt} = u, \\ \frac{dx}{dt} = u(t_1 - t) - j, \end{cases}$$

где x и j – фазовые переменные, а u – управляющее воздействие.

В качестве критерия оптимальности, как уже оговаривалось, возьмем минимум смещенного объема металла по высоте, который будем определять по формуле

$$J = \ln \frac{S_0}{S_2} + \ln \frac{S_1}{S_3} \rightarrow \inf.$$



- $S_0 = AQL; S_1 = ACHK;$
- $S_6 = ADEN; S_2 = ACGL;$
- $S_3 = ACFN; S_4 = ABHK;$
- $S_5 = ABML; S_7 = ADEP;$
-

К ЗОУ с подвижными концами

Введем дополнительные ограничения на вид искомой кривой. Логично потребовать, чтобы функция $x = f(t)$ на интервале (t_0, t_1) была выпуклой и убывающей. Выпуск в калибре не должен быть меньше определенной, заранее заданной, величины, а значение x_1 должно позволить построить калибр первой клетки без установки валков в забой и с определенным запасом на уширение. В математической записи данные утверждения будут выглядеть следующим образом

$$0 \leq u \leq \frac{j}{t_1 - t}, \quad j \leq b, \quad x_1 \geq b,$$

где b и b – заданные постоянные величины.

Также в качестве дополнительных ограничений мы должны записать уравнения, которые будут определять уширение в первой и второй клетях. Большинство из известных методик для расчета уширения на данную роль не подходят в силу того, что они разработаны для определенных систем калибров, а в рассматриваемом случае система калибров неизвестна. Необходимо универсальное уравнение, которое подходит для любых калибров простой формы. Подобное уравнение было разработано автором в работе [5]. Используя это уравнение можно представить условия трансверсальности для рассматриваемой задачи

$$\begin{cases} \ln \frac{S_0}{S_1} = K_\phi^1 \frac{S_1}{S_4} \ln \frac{S_4}{S_5}, \\ \ln \frac{S_1}{S_6} = K_\phi^2 \frac{S_6}{S_7} \ln \frac{S_7}{S_8}, \end{cases}$$

где K_ϕ^1 и K_ϕ^2 – коэффициенты, учитывающие форму очага деформации.

Таким образом, схематически ЗОУ можно записать так:

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad \begin{cases} \frac{dj}{dt} = u, \\ \frac{dx}{dt} = u(t_1 - t) - j; \end{cases} \\ \text{II} \quad J = \ln \frac{S_0}{S_2} + \ln \frac{S_1}{S_3} \rightarrow \inf; \\ \text{III} \quad 0 \leq u \leq \frac{j}{t_1 - t}, \quad j \leq b, \quad x_1 \geq b, \quad t \in [t_0, t_1]; \\ \text{IV} \quad \begin{cases} \ln \frac{S_0}{S_1} = K_\phi^1 \frac{S_1}{S_4} \ln \frac{S_4}{S_5}, \\ \ln \frac{S_1}{S_6} = K_\phi^2 \frac{S_6}{S_7} \ln \frac{S_7}{S_8}. \end{cases} \end{array}$$

Дана математическая модель объекта I-IV. Найти:

- управление $u(t)$, которое удовлетворяет условию III и переводит систему I из начального состояния (x_0, t_0) в конечное (x_1, t_1) и минимизирует функционал J ;
- соответствующее этому управлению траекторию $x(t)$, которое удовлетворяет условию IV.

Аналитическое решение данной задачи не представляется возможным по ряду причин (сложный вид функционала, не обладающего свойством локальности; непостоянство области допустимых управляющих воздействий; наличие ограничений на фазовые переменные; рекуррентность условий трансверсальности), однако вполне возможно численное решение, над разработкой алгоритма которого ведется работа. При этом одним из эффективных методов дискретизации для численного решения подобных задач является математический аппарат матиричного подхода к моделированию калибровки [2].

Следует отметить, что кроме вышеприведенной задачи можно поставить и более сложные, в которой искомыми будут геометрические параметры всех калибров прокатного стана для прокатки определенной профиля или даже определенного сортамента.

При таком подходе можно рассматривать калибровку валков не как конструктивную разработку полученную в основном на основе практического опыта, а как решение четко сформулированной математической задачи, предполагающей возможное получение нетиповых и оригинальных решений.

Список литературы

1. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. - М.: Теплотехник, 2010. 490 с.

2. Тулупов О.Н. Структурно-матричные модели для повышения эффективности процессов сортовой прокатки. –Магнитогорск.: МГТУ. 2002. 224 с.

3. Эффективность деформации сортовых профилей / С.А. Тулупов, Г.С. Гун, В.Д. Онискив и др. – М.: Металлургия, 1990. 280 с.

4. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. - М.: Наука, 1983. 392 с.

5. Кинзин Д.И. Совершенствование и проектирование калибровок простых сортовых профилей на основе анализа показателей формоизменения и энергосиловых параметров: Дис. к-та техн. наук. Магнитогорск, 2003. 107 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТАМИ И ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМЫ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Т.К. Арапова, Н.Т. Баскакова, Н.Ф. Васильева

МГТУ, г.Магнитогорск, Россия, E-mail: arapovat@bk.ru

Российские промышленные предприятия в последнее время усиливают свое внимание к исследованию возможностей использования потенциала управления производством, что определяется необходимостью модернизации производства и острой потребностью в адаптации к дефициту всех видов ресурсов.

Последнее, как известно, сегодня обуславливают отрицательные последствия мирового финансового кризиса, к числу которых относится усложнение доступа к источникам финансирования инвестиций, а также отсутствие должного спроса на продукцию российских предприятий на внутреннем товарном рынке вследствие более низкого по сравнению с зарубежными аналогами качества.

Таким образом, в сложившихся условиях на производственных предприятиях возникает необходимость инновационного развития производственного предприятия.

На промышленных предприятиях, во-первых, не учитывают влияния «узкого места» на поток прибыли, генерируемой предприятием при формировании структуры выпуска продукции; во-вторых, балансируют производительность отдельных агрегатов, а не материальный поток, проходящий через систему, и не подчиняют работу всех остальных ресурсов графику производства на узком месте.

В настоящее время модернизация производства связана с огромными капитальными и текущими затратами. В условиях дефицита финансовых ресурсов предприятия, особенно с большим количеством производственного оборудования, сталкиваются с выбором направлений инвестирования. Неверное вложение данных средств в приобретение основного технологического оборудования и выполнение их ремонтных работ в последствии приводит не только к существенным потерям, но и даже банкротству предприятий.

Выработка политики управления запасами запасных частей сегодня относится к числу наиболее узких мест в модернизации промышленного производства. Проблема заключается в том, что необоснованное снижение уровня запасов запасных частей сопровождается увеличением ущерба от аварийного отказа оборудования, обусловленного простоями, связанными с отсутствием необходимых для ремонта запчастей

Целью создания системы управления ремонтами и техническим обслуживанием оборудования и системы их технического обеспечения на промышленном предприятии является разработка систем управления российскими предприятиями, соответствующих последним мировым достижениям на основе реализации комплексного подхода, охватывающего потенциал производства, снабжения и сбыта, путем построения интегрированных логистических систем.

Одной из важнейших проблем при планировании ремонтов оборудования является определение оптимального периода его эксплуатации. Чем больше период эксплуатации оборудования, тем меньше затраты на амортизацию и больше текущие затраты на ремонт и содер-

жание оборудования. При этом кривая суммарных затрат имеет характерный минимум, который определяет период эксплуатации, соответствующий сроку службы оборудования. Период эксплуатации, соответствующий этому минимуму и будет являться оптимальным.

Обоснование цикличности замены оборудования в современных условиях хозяйствования должно основываться на определении такого возраста агрегатов, при котором замена обеспечит минимум годовой суммы амортизационных отчислений и затрат на ремонты и содержание оборудования.

Для обоснования своевременности замены эксплуатируемых объектов представляется целесообразным сопоставление текущих затрат, связанных с поддержанием машин в работоспособном состоянии, и затрат на их полное восстановление.

Капитальные затраты или амортизация оборудования с учетом коэффициентов инфляции суммируются с накопленными за тот же период текущими издержками на ремонт и содержание оборудования. Полученная сумма затрат на простое воспроизводство действующих объектов делится на их фактический возраст и соответствует средней величине издержек за один интервал замены агрегатов. Оптимальным возрастом будет срок полезного использования, соответствующий минимальной величине среднегодовых затрат на воспроизводство. При резком росте среднегодовых расходов на воспроизводство дальнейшая эксплуатация оборудования нецелесообразна, так как приведет к увеличению себестоимости металлопродукции в целом.

Особенностью данной модели является возможность определения «коридора» до и после оптимального срока полезного использования оборудования, в котором целесообразно использовать данный объект и разработать направления его обновления.

В отличие от других моделей, информация о превышении затрат на капитальный ремонт годовой суммы амортизации позволяет руководству иметь данные о необходимости обновления или вывода из эксплуатации агрегата и использовать *алгоритм выбора варианта направлений воспроизводства металлургического оборудования с учетом ограничивающих факторов*.

Существенным отличием предлагаемых алгоритмов планирования ремонтов оборудования является определение и учет приоритетности мероприятий по ТОиР. Максимально приоритетными являются мероприятия, невыполнение которых приведет к максимальным потерям или остановке (авариям) основного производства и, как следствие, к большому выходу брака.

Поскольку оценка долговечности объекта и контроль уровня его технического состояния жизненно важны для деятельности любого предприятия, то выбор варианта воспроизводства агрегатов является центральным местом при решении проблемы поддержания машин на необходимом качественном техническом и технологическом уровнях.

Алгоритм выбора затрат на воспроизводство должен обеспечивать минимум затрат на полное и частичное восстановление оборудования с учетом наличия материальных, трудовых, финансовых ресурсов предприятия и уровня конкуренции в отрасли; осуществлять поиск эффективного способа управления затратами на воспроизводство машин, при котором частичное и полное возмещение износа оборудования происходило бы своевременно и с минимальной упущенной выгодой для предприятия.

Разработка варианта обновления агрегатов сводится к выбору одного из двух возможных путей финансирования воспроизводства:

- при отсутствии или недостатке источников финансирования на расширенное воспроизводство эксплуатируемых объектов покупка нового оборудования откладывается и продолжается их ремонт и содержание;

- при наличии достаточных источников финансирования на расширенное воспроизводство металлургических агрегатов выполняется усовершенствование существующих объектов за счет инвестиций на обновление либо на приобретение нового оборудования.

Механизм принятия решения по вышеназванной стратегии, как правило, состоит из трех этапов. На основании технической информации (срок службы оборудования, нагрузочные режимы, результаты испытаний и диагностики) определяются узкие места, простой которых приведет к максимальным потерям выпуска продукции и прибыли, разрабатываются несколько вариантов ТОиР данных агрегатов, оценивается возможная реализация и технические показатели каждого из них.

На втором этапе технические специалисты прогнозируют остаточный ресурс, а экономисты рассчитывают соответствие упущенной выгоды и затрат, необходимых для проведения ТОиР в течение расчетного срока службы. По итогам второго уровня выбираются варианты мероприятий по выполнению ТОиР с учетом состояния агрегатов.

На третьем, высшем уровне, менеджеры на основании механизма управления рисками и с учетом экономической ситуации и выделенных ресурсов, выбирают оптимальный вариант и принимают окончательное решение

Это решение может основываться на следующих вариантах воспроизводства оборудования:

• продолжать эксплуатацию или менять оборудование на новое (либо проводить различные варианты обновления),

• проводить диагностику или формировать систему мониторинга,

• выполнять какие виды ремонта оборудования и в каком объеме.

Таким образом, планирование затрат на ТОиР должно осуществляться на основе прогноза, который корректируют с учетом управления рисками.

Предприятия должны выбирать наиболее целесообразный метод планирования ТОиР, который одновременно обеспечит бесперебойную работу оборудования, отсутствие простоев, так как снижение затрат на обслуживание и ремонты оборудования позволит снизить и себестоимость продукции, что в свою очередь приведет к улучшению конкурентоспособности предприятия в целом.

Список литературы

1. Баскакова Н.Т. Подсистема СМК планирования ремонтов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. 2009. № 3. С. 55-57.

2. Песин А.М., Шмелев В.А., Баскакова Н.Т., Бойко Д.А., Леднева Г.А. Подсистема менеджмента качества планирования ремонтов как рычаг роста конкурентоспособности металлопродукции // Сталь. 2011. № 1. С. 79-84.

3. Шмелев В.А., Васильева Н.Ф., Баскакова Н.Т., Арапова Т.К. Материальное обеспечение воспроизводства основных фондов как фактор повышения качества металлопродукции // Сталь. 2010. №9. 2010. С. 84-86.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

М.Н. Шилов

Пермский государственный технический университет, Пермь,

ilrilan2@gmail.com

Одной из наиболее существенных особенностей инновационных проектов является то, что их выполнение осуществляется в условиях риска и неопределенности. При этом под неопределенностью по-

нимается наличие факторов, при которых результаты действий не являются детерминированными, а степень возможного влияния этих факторов на результаты не известна: это неполнота или неточность информации об условиях реализации проекта.

Факторы неопределенности подразделяются на внешние и внутренние. Внешние факторы – законодательство, реакция рынка на выпускаемую продукцию, действия конкурентов; внутренние – компетентность персонала фирмы, ошибочность определения характеристик проекта и т.д. Неопределенность, связанная с возможностью возникновения в ходе реализации проекта неблагоприятных ситуаций и последствий, характеризуется понятием риска. Риск – потенциальная, численно измеримая возможность потери. Риск проекта – это степень опасности для успешного осуществления проекта.

Прямые методы оценки рисков предполагают выявление потенциальных опасностей, оценивание вероятности реализации каждой опасности в различных вариантах R_i и предполагаемой тяжести C_i последствий реализации каждого i -го варианта:

$$R = \sum_{i=1}^N R_i * C_i. \quad (1)$$

Для оценки риска инновационного проекта весами каждого i -го варианта будут суммы возможных убытков в случае реализации конкретного варианта опасности, нормированные на пространстве от нуля до единицы.

Для определенного предприятия, работающего по конкретному главному календарному плану производства (ГКПП) будет интересна следующая **задача**: определить, какой из предложенных инновационных проектов имеет меньшую степень риска при изменении ГКПП в соответствии с проектом.

В данной работе основное внимание уделяется производственно-технологическому риску, так как его можно не только проанализировать, но и принять меры для его минимизации, поскольку опасности производственно-технологического риска в большинстве своем связаны непосредственно с работой предприятия. Поскольку речь идет о выборе проекта с минимальным риском, то интерес представляет лишь та часть суммы (1), на которую мы можем влиять. Неизменные факторы, такие как курс валюты или изменение законодательства, несмотря на то, что оказывают большое влияние – оказывают его на все варианты проекта так или иначе, вследствие чего их можно вычесть из всех вариантов проектов одновременно и сократить объем вычислений.

Основной опасностью при работе предприятия по плану является срыв сроков выпуска продукции. Для предприятия невозможность отгрузить товар в срок обычно влечет за собой большие убытки.

Работу предприятия по ГКПП можно представить как последовательное выполнение технологических операций в соответствии с технологическим маршрутом изделия. Каждая операция имеет свою длительность, при этом технологический маршрут однозначно устанавливает последовательность их выполнения. Логически следует, что любая реализованная опасность из раздела производственно-технологического риска приводит в итоге к задержке выполнения технологических операций. Основные причины опасностей производственно-технологического риска:

- отказ оборудования, помимо задержки вследствие необходимости ремонта и наладки так же может привести к порче материалов или полуфабрикатов, что при отсутствии необходимого сырья или полуфабрикатов в дальнейшем ещё больше тормозит выполнение ГКПП
- сбой поставки – задержка поставки сырья, либо поставка бракованной партии, требующей остановки технологического процесса и ожидание новой поставки, так же может вызвать отказы оборудования
- нехватка людских ресурсов – часть персонала предприятия может по тем или иным причинам стать нетрудоспособным, постоянно либо временно.

Минимизация рисков каждого типа требует соблюдение некоторых условий. Общее условие: чем раньше реализовалась опасность производственно-технологического риска, тем меньше вероятность, что из-за неё будет сорван весь план производства, так как становится больше запас времени на решение проблемы. И наоборот – если сорвана технологическая операция, запланированная на последний день ГКПП, то весь план будет сдвинут.

Для минимизации рисков отказа оборудования требуется, чтобы загрузка оборудования в течение рабочей смены была меньше 100%. Так как операции ремонта и наладки требуют определенное количество времени, то чем меньше определенный станок участвует в выполнении технологических операций, тем больше у персонала предприятия возможность устранить отказ до того, как оборудование потребуется для дальнейшей работы. И наоборот, если станок загружен на все 100% рабочего времени, то любой отказ приводит к срыву технологической операции и сдвигу всего графика производства.

Для минимизации рисков сбоя поставок и косвенного влияния отказов оборудования вследствие порчи сырья и полуфабрикатов требуется иметь некий резерв материальных ресурсов, чтобы производ-

ство не останавливалось до следующей поставки в случае, если она задерживается, либо если расход ресурсов превышает запланированный.

В соответствии с формулой (1) каждому событию требуется сопоставить вероятность его реализации и вес опасности.

Вероятность, что реализация опасности отказа оборудования приведет к сдвигу всей цепочки производства, является отношением $\frac{t_m(d)}{t_d}$, где $t_m(d)$ – длительность рабочей нагрузки на станке m в день d , а t_d – продолжительность рабочей смены. Если рабочая нагрузка на станок равна продолжительности рабочей смены, то любой отказ вызовет сдвиг планов, так как за рабочую смену запланированные операции совершить будет невозможно.

Аналогичным образом вычисляется вероятность реализации опасности нехватки персонала: $\begin{cases} \frac{t_w(d)-t_d}{t_d}, t_w(d) > t_d \\ 0, t_w(d) \leq t_d \end{cases}$, где $t_w(d)$ – длительность работы сотрудника w в течение дня d , зависящая от количества работы сотрудника сверхурочно, и вероятность реализации опасности нехватки материалов: $\begin{cases} \frac{c_n(d)}{c_s(d)}, c_n(d) < c_s(d) \\ 1, c_n(d) > c_s(d) \end{cases}$

Общая формула оценки риска срыва ГКПП будет выглядеть так:

$$R = \sum_{d=1}^T \frac{1}{T - (d - 1)} \left(\sum_{m=1}^M \frac{t_m(d)}{t_d} * \frac{C_m}{S_c(d)} + \sum_{w=1}^W \begin{cases} \frac{t_w(d) - t_d}{t_d}, t_w(d) > t_d \\ 0, t_w(d) \leq t_d \end{cases} * \frac{C_w}{S_c(d)} + \sum_{s=1}^S \begin{cases} \frac{c_n(d)}{c_s(d)}, c_n(d) < c_s(d) \\ 1, c_n(d) > c_s(d) \end{cases} * \frac{C_s}{S_c(d)} \right)$$

где d – номер дня плана; T – длительность ГКПП в днях; t_d – длительность рабочей смены в день d ; $\frac{1}{T - (d - 1)}$ – коэффициент, учитывающий возрастающую сложность устранения реализованной опасности в зависимости от близости к концу графика производства; M – количество станков на предприятии; C_m – стоимость работ по ремонту и наладке

станка m ; $C_{np}(d)$ – расходы предприятия в случае временной нетрудоспособности сотрудника w в течение дня d ; $c_n(d)$ – количество требуемых номенклатурных единиц s на складе в начале дня d ; S – количество номенклатурных единиц предприятия; $c_s(d)$ – количество имеющихся номенклатурных единиц s на складе на начало дня d ; C_s – стоимость одной номенклатурной единицы s ; $S_c(d)$ – сумма всех возможных убытков за день d при реализации всех опасностей.

Таким образом, с учетом последней формулы задача управления рисками для инновационного предприятия сводится к задаче оптимизации (нахождения плана x с учетом инноваций):

$$R(x) \rightarrow \min, x \in D,$$

где D – множество всех допустимых планов производства, с учетом ресурсов предприятия.

Список литературы

1. Бурков В.Н., Новиков Д.А.. Как управлять проектами – М.: Синтег – ГЕО, 1997. – 190 с.
2. Попов В.Л.. Управление инновационными проектами – М.: ИНФРА-М, 2009. – 336 с.
3. Управление инновационными проектами: учеб. пособие / Под ред. Л.А. Мьельникова. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009. – 298 с.

РЕШЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ЗАДАЧИ ДЖОНСОНА ПРИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ФОРМАЛИЗАЦИИ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

А.А.Беляев

*Пермский государственный технический университет, г.Пермь,
E-mail belyaev_alex@mail.ru*

Обобщенная задача Джонсона заключается в построении оптимальной последовательности выполнения производственных заданий, а так же определения начальных и конечных сроков операций, входящих в каждое из этих заданий, обеспечивающих минимальное время выполнения всего комплекса работ.

Существенная особенность такой постановки заключается в том, что для каждой детали множество операций одинаково. Хотя дан-

ное ограничение на практике снимается достаточно просто, вводя, например, псевдооперации с нулевой длительностью, однако оно играет ключевую роль в размерности поставленной задачи. В такой постановке задача была решена на практике множество раз [1, 2], но ее применение на реальном производстве остается невозможным в случае использования универсального оборудования или необходимости учета оборудования разной производительности. В этом случае приходится дополнительно применять методы агрегирования на этапе постановки задачи и/или методы интерпретации решения после его получения. Это значительно снижает ценность получаемых результатов. Дабы избежать этого предложена расширенная постановка рассматриваемой задачи, лишенная указанных недостатков.

Постановка задачи. Пусть на m классах машин, в каждом из которых не более чем R_k станков, должно быть выполнено n производственных заданий. Все задания состоят из одной и той же последовательности операций, входящих в задание (или могут быть дополнены операциями нулевой длительности). Таким образом, тройка индексов $i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m; l = 1, \dots, R_k$ определяет конкретный станок для операции каждого задания. Так же необходимо отметить, что пара индексов $\{i, k\}$ является уникальной и внесение индекса l необходимо только для решения задачи. Последовательность операций $p = \{1, \dots, m\}$ в рамках каждого задания определена набором ограничений задачи. Время выполнения каждой операции обозначено в виде $t(i, k)$, а граничные сроки начала и окончания выполнения i – того задания через b_i и B_i , соответственно. Количество машин вида k обозначено R_k , а граничные времена использования каждой l – той из них через h_k^l и H_k^l . Набор ресурсных ограничений при необходимости может быть легко расширен до набора интервалов времени использования каждой из машин. Например, можно считать, что каждая машина будет работать в рамках списка отрезков рабочего времени $[h_k^l(c), H_k^l] \equiv [FRA(c, k, l), FRB(c, k, l)]$.

Дополнительно обозначим:

$x(i, k, l)$ – время начала выполнения операции на машине l вида k ;

$J(i, k, l)$ – допустимый наиболее ранний срок начала выполнения операции;

$S(i, k, l) = x(i, k, l) + t(i, k)$ – время завершения операции;

$T_i = S(i, m)$ – время завершения i -того задания;

$T = \max_i T_i$ – время выполнения всего комплекса заданий.

Необходимо такую найти оптимальную последовательность времен обработки всех операций (расписание), т.е. $x(i, k, l)$ и $S(i, k, l)$ для определенного комплекса заданий с учетом ограничений на использование оборудования и сроки обработки заданий, которая минимизирует общее время T выполнения всего комплекса работ.

Алгоритм решения задачи. Обычно для решения рассматриваемой задачи применяются эвристические методы, в которых оптимальное расписание строится последовательно и вначале состоит только из одной операции. Затем эта последовательность пополняется второй операцией текущего задания или первой операцией иного задания и т.д. Частичным планом P^S называется последовательность заданий, для которых уже определены сроки и машины. Общая последовательность обработки заданий – I , подпоследовательность выполненных заданий – $I_1^S = \{i_1^S, \dots, i_R^S\}$ (очередность выполнения именно в соответствии индексов последовательности). $I_2^S = I / I_1^S$ – оставшаяся часть нераспределенных заданий.

В основе предлагаемого метода решения лежит модификация метода ветвей и границ, рассмотренная в [3]. Необходимо так же заметить, что решение обобщенной задачи Джонсона есть последовательность заданий, в которой оборудование будет их обрабатывать. В предлагаемой постановке недостаточно найти последовательность запуска заданий в обработку, необходимо также определить, на каком конкретном оборудовании необходимо обрабатывать ту или иную операцию. Таким образом, в пространстве допустимых решений частичные планы могут отличаться только оборудованием, на котором обрабатывается каждая операция.

Существует две классические стратегии ветвления в методе ветвей и границ (односторонняя и фронтальная). В односторонней стратегии каждое ветвление фиксируется по параметру (например, по лучшей нижней оценке) и, таким образом, получается быстрое допустимое решение и оценка сверху всего расписания. Во фронтальной стратегии варианты рассматриваются по уровням (то есть сначала все воз-

возможные варианты первого уровня и для каждого из них находятся оценки снизу и сверху). Далее следует отсев вариантов и для оставшихся из них строится новый уровень. В первой стратегии требуется много расчетного времени, а во второй - памяти. В данной работе предлагается использовать смешанную стратегию, где каждый найденный вариант с помощью односторонней стратегии будет расширяться новыми вариантами во фронтальном смысле. В результате применения такой стратегии на начальных этапах поиска будут проверены возможные варианты на глобальный экстремум, и далее будут просматриваться наиболее перспективные варианты.

Точность и скорость оценки вариантов для реальных задач сильно зависит от эвристике формирования оценки.

Оценка нижней границы суммарной длины расписания. Для записи оценки длины плана требуется определить время выполнения группой машин k всех операций из I_2^S с помощью следующей формулы:

$$t^S(k) = \sum_{i \in I_2^S} t(i, k) / R_k, \text{ для } k = 1, \dots, m, \quad (1)$$

а наиболее ранний срок начала выполнения операций (i, k) находится из I_2^S :

$$m^S(i, k) = \min_{c, l} FRA(c, k, l), \quad (2)$$

для $c \in (FRB(c, k, l) - FRA(c, k, l)) \geq t(i, k)$.

Тогда наиболее ранний срок завершения всех операций после k для i из I_2^S может быть выражен так:

$$g^S(i, k) = \sum_{j=k+1}^m t(i, j), \text{ для } k = 1, \dots, m, \quad (3)$$

а наиболее ранний срок завершения каждой операции (i, k) из I_2^S следующим образом:

$$I^S(i, k) = m^S(i, k) + t(i, k). \quad (4)$$

С помощью введенных ограничений и оценок (1)-(4) аналогично Утверждению 1 из [1] может быть проанализирована продолжительность всего комплекса работ частичного плана и показано, что ее значение не может быть меньше следующей нижней оценки:

$$F^S = \max \{ \max_{i \in I_2^S} I^S(i, m); \max_{1 \leq k \leq m} [\min_{i \in I_2^S} m^S(i, k) +$$

$$+ \min_{i \in I_2^S} \{ g^S(i, k) + \sum_{k \in I_2^S} t(i, k) \}$$

Утверждения 2 и 4 из [1] могут быть использованы без изменений. Утверждение 3 для данной задачи примет вид:

$$\sum_{i \in I_2^S} t(i, k) > \sum_{l, c} (FRB(c, k, l) - FRA(c, k, l)).$$

Использование модифицированного алгоритма позволяет находить решение, удовлетворяющее заданным ограничениям, за меньшее расчетное время, а уточненные оценки и утверждения позволяют решать более широкий класс задач, чем в [1].

Список литературы

1. Зак Ю.А. Решение обобщенной задачи Джонсона с ограничениями на сроки выполнения заданий и времена работы машин. Ч. 1 // Проблемы управления. – 2010. – № 3. – С. 17-27.
2. Беляев А.А., Котов С.С., Столбов В.Ю. Модель управления ресурсами предприятия при дискретном производстве // Проблемы управления. – 2007. – № 6. – С. 50-56.
3. Зак Ю.А. Решение обобщенной задачи Джонсона с ограничениями на сроки выполнения заданий и времена работы машин. Ч. 2 // Проблемы управления. – 2010. – № 4. – С. 12-19.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЗАЗОРАХ И УЗКИХ РАСЩЕЛИНАХ

И.А. Боронин

*Институт Проблем Управления РАН, Москва, Россия,
anarsull23@yandex.ru*

Задачи гравитационной конвекции широко распространены во многих сферах человеческой деятельности и природе. Примеров - бесчисленное множество, поэтому приведем лишь несколько. Самый наглядный пример – водоочистительные станции, различные градирни, отстойники. Технология гидроразрыва [1] для улучшения нефтеотдачи основана на том, что в скважину под большим давлением закачивают некоторую суспензию, которая закрывает поры и препятствует быстрому закрытию трещин, получившихся в результате гидроразрыва. В медицине, например, близкая задача возникает при оседании эритроцитов крови. В химии - при оседании различных веществ в про-

бирках. Центрифугирования суспензий [2] основано на принципе рас- согласования фаз под действием массовой силы.

При исследовании задач гравитационной конвекции суспензий в рамках двухконтинуальной модели особое внимание уделяется моделированию течений, вызванных неустойчивым ростом неоднородностей концентрации дисперсной фазы (фазы частиц). При этом при движении суспензии рождаются вихри, которые могут ускорять или замедлять оседание частиц. Один из неожиданных эффектов, выявленных экспериментально, но не допускающих интерпретации на основе простых гидравлических или аналитических моделей, - увеличение скорости оседания частиц в закрытых сосудах при отклонении стенок сосуда от направления силы тяжести. Этот эффект был обнаружен еще в начале XX века известным английским ученым-медиком Артуром Бойкоттом (A.E. Boycott) при оседании эритроцитов крови [3] и с тех пор в литературе носит название эффекта Бойкотта. Как правило, ускорение процесса оседания частиц связывают с возникновением крупномасштабных вихревых течений в процессе гравитационного осаждения суспензии.

Современный подход к описанию движения дисперсных систем основан на использовании приближения взаимопроникающих и взаимодействующих континуумов, где каждый континуум относится к определенной фазе вещества. Построение замкнутых двухконтинуальных моделей возможно лишь при наложении ряда ограничений на структуру среды, ее фазовый состав, форму включений, диапазон скоростей рассматриваемых течений и т.д. В литературе существует совсем немного работ, в которых для исследования гравитационной конвекции дисперсных систем применяются обоснованные континуальные модели.

Для ряда часто встречающихся на практике режимов конвекции допустимы существенные упрощения.

Целями работы являются:

§ Моделирование процесса гравитационной конвекции в различных по формам сосудах и при различных начальных данных.

§ Исследование возникновения вихревых течений, а также эффектов ускоренного осаждения частиц в сосуде с наклонными стенками (эффект Бойкотта) и горизонтального расслоения дисперсной смеси. Сопоставление полученных результатов с известными в литературе.

Постановка задачи о гравитационной конвекции

В качестве основы для данной работы рассматривается постановка задачи о гравитационной конвекции, полученной в работе [4]:

$$\operatorname{div} \mathbf{v} = 0, \quad \frac{dn_s}{dt} + n_s \operatorname{div} \mathbf{v}_s = 0, \quad m \frac{d\mathbf{v}_s}{dt} = \mathbf{f}_s + mg$$

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\nabla p + \mu \Delta \mathbf{v} - n_s \mathbf{f}_s + \rho \mathbf{g}$$

где n_s - числовая концентрация, v и v_s - векторы скоростей несущей фазы и частиц, f_s - сила межфазного взаимодействия (позже будет показано, что ее влияние в большинстве случаев сводится к силе Стокса и Архимеда), \mathbf{g} - ускорение свободного падения, μ и ρ - динамическая вязкость и плотность несущей фазы.

Далее производится переход к квазидвумерной постановке задачи путем осреднения уравнений с учетом того, что масштаб по третьей координате (толщине зазора) считается много меньше масштаба двух других координат. Полученная таким образом система уравнений, является итоговой для данной работы и все расчеты проводились на ней:

$$\langle v_s \rangle = \langle \mathbf{v} \rangle - \operatorname{sgn}(1 - \eta) \mathbf{j}, \quad \frac{dn_s}{dt} = \operatorname{sgn}(1 - \eta) \frac{\partial n_s}{\partial y}$$

$$\langle u \rangle = -\frac{Re}{3} \frac{\partial p_1}{\partial x} d^2, \quad \langle v \rangle = -\frac{Re}{3} \left(\frac{\partial p_1}{\partial y} + C n_s \right) d^2, \quad \frac{\partial p_1}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial \langle u \rangle}{\partial x} + \frac{\partial \langle v \rangle}{\partial y} = 0$$

где в фигурных скобках осредненные величины (по толщине зазора), \mathbf{j} - единичный орт, направленный против силы тяжести, Re - число Рейнольдса, C - единственный безразмерный параметр и параметр управления гравитационной конвекцией, p_1 - новый масштаб давления, в связи с осреднением задачи.

Численные расчеты, проведенные в данной постановке задачи, подтверждаются опытами [3], управление процессом гравитационной

конвекции представляется интересной и требующей внимания проблемой.

Список литературы

1. [1] McCaffery S.J., Elliott L., Ingham D.B. Enhanced sedimentation in inclined fracture channels // Topics in engineering. 1998. V. 32, 291 p.
2. [2] Ungarish M., Hydrodynamics of Suspensions: Fundamentals of Centrifugal and Gravity Separation. Berlin: Springer, 1993. 317 p.
3. [3] Boycott A.E. Sedimentation of blood corpuscles // Nature. 1920. V. 104 P. 532.
4. [4] Невский Ю.А. Гравитационная конвекция суспензий и аэрозолей в закрытом сосуде. // Труды института УНЦ РАН. Вып. 5. С. 282-288.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭТИМИ ПРОЦЕССАМИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ОБЪЕКТИВНОЙ И ДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ТОЧНОМ ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ МАТЕРИАЛОВ, ПОДАВАЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВО

А.И. Ушеров, А.В. Леднов

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Э.В. Чередниченко, Е.Ю. Васильев

ЗАО «Консом СКС»

П.Л. Макашов

ООО ЦИТ «Парадокс»

ЗАО «Консом СКС», г.Магнитогорск, makashov@citparadox.ru

Совершенствование технологических процессов в металлургической и горнодобывающей промышленности путем интеграции в системы управления этими процессами в режиме реального времени объективной и достоверной информации о точном химическом составе материалов, подаваемых в производство.

Во многих производственных процессах необходимо во время самого процесса, в реальном масштабе времени, и достаточно точно определять параметры объекта переработки. И не только определять, например, вес, объем, плотность, состав продуктов переработки, но и следить за их изменениями на отдельных этапах процесса. Здесь можно говорить как о входном и промежуточном контроле на отдельных этапах производственного процесса, так и о непрерывном контроле для оперативного регулирования процесса. В последние годы в этом деле все большее распространение получают методы и средства измерений, неконтактные с контролируемой средой.

До 2004 года в промышленности для измерения химического состава материалов, движущихся на конвейерах, применялись установки, работающие на принципе облучения продукта радионуклидным источником. Недостатком установок такого типа является наличие радиоактивного источника со всеми вытекающими проблемами по хранению, утилизации и обслуживанию специализированной организацией.

Фирмой Bruker Baltic в 2004 году была введена в промышленную эксплуатацию в г. Кеми (Финляндия) измерительная станция CON X X [1], где в качестве источника излучения используется рентгеновская трубка с молибденовым анодом и применением более совершенного математического аппарата.

Установка предназначена для бесконтактного непрерывного определения содержания химических элементов в промышленных продуктах без пробоотбора, определения качества и управление технологическими процессами, обеспечивает:

- экспрессность и непрерывность анализа;
- выполнение анализа без отбора проб;
- большую представительность анализа;
- анализ неоднородных продуктов;
- представление результата измерений в реальном времени.
- диапазон анализируемых элементов от алюминия (Al) до урана (U);

- диапазон концентраций определения анализируемых элементов при времени измерения 600 с.:

для Al, Si, P	от 8 до 80 %;
для S, Cl, K, Ca	от 2 до 95 %;
для Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe и т.д.	от 0,2 до 99 %;

- количество измеряемых одновременно элементов – до 8;
- размер кусков анализируемого материала от 0 до 120 мм;
- время измерения (реальное время) 300 - 600 с.

Таким образом, имеется широкий спектр применения данного решения на металлургических и горнодобывающих предприятиях.

В производстве агломерата и окатышей с целью стабилизации состава и, как следствие, снижение энергозатрат в доменных печах. Качественная подготовка шихты для доменного производства экономит 1-2 % кокса, следовательно: экономятся энергоресурсы; уменьшаются выбросы пыли и парниковых газов в атмосферу, что улучшает экологическую обстановку.

В горнодобывающих предприятиях - с целью повышения эффективности обогащения сырья. Возможности комплекса теоретически позволяют использовать его при анализе железных, вольфрамовых, марганцевых, медных, медно-никелевых, медно-цинковых, оловянных, свинцово-цинковых, хромовых, титановых руд.

На предприятиях металлургического дивизиона с целью улучшения подготовки шихты и стабилизации качества продукта. В современной металлургии черных металлов ферросплавы являются одним из дорогостоящих видов сырья. На протяжении 2007 – 2009 годов стоимость ферросплавов неизменно возрастала. Повышение требований к выплавляемому металлу обуславливает и повышение требований к качеству ферросплавов. Тенденцию к значительному удорожанию имеют и цветные металлы.

Учитывая экспрессность и непрерывность анализа, представление результата измерений в реальном времени, использовать эти данные необходимо в комплексе с другой технологической информацией, которая имеется в цеховых системах АСУ ТП. Следовательно, необходимо создание комплекса алгоритмов интеграции в существующие системы автоматического управления технологическими процессами и связи с MES и ERP системами.

Эффективное использование объективной информации о химическом составе возможно при усовершенствовании математических моделей металлургических процессов с учетом новых граничных условий.

Бесконтактное непрерывное определение содержания химических элементов при установке оборудования на промышленных конвейерах без отбора проб требует разработки методик, позволяющих оценить конструктивные и технологические параметры решений для применения в черной и цветной металлургии (подготовка шихты), горнодобывающей отрасли (обогащение руд).

Для сокращения затрат на массовое внедрение в промышленности целесообразно организовать выпуск измерительных станций, ориентированных на определенную сферу применения.

Список литературы

1. A. Sokolov, D. Docenko, E. Bliakher, O. Shirokobrod, J. Koskinen, [On-line Analysis of Chrome-Iron Ores on a Conveyor Belt Using X-Ray Fluorescence Analysis](#), X-Ray Spectrometry, 2005, 34, 456-459.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ЭЛЕМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

В.Ю. Доронин, Ю.Н. Волщук, П.Л. Макашов

ООО ЦИТ «Парадокс»

А.В. Романенко, Е.Н. Ишметьев

ЗАО «Консом СКС»

А.В. Леднов

Магнитогорский государственный технический университет

В.Н. Макашова

Магнитогорский государственный университет

ООО ЦИТ «Парадокс», г. Магнитогорск, Россия,

makashov@citparadox.ru

Современные промышленные предприятия характеризуются непрерывными технологическими процессами, протекающими на различных установках с получением множества видов конечных изделий. Управление непрерывным производством, мониторинг состояния его объектов и технологических цепочек, планирование и соблюдение графика производства и поставки готовой продукции оказывается весьма сложной задачей.

Поэтому промышленные предприятия идут по пути комплексной автоматизации основного производства. Программное обеспечение автоматизации управления промышленным предприятием должно легко адаптироваться к существующим на предприятии программным комплексам, учитывать особенности бизнес-процессов и производства, обеспечивать технологический персонал и менеджмент достоверными и оперативными данными.

Уровень управления технологией производства обеспечивается локальными АСУТП, поставляемыми вместе с производственным оборудованием. Каждая АСУТП представляет собой законченный, изолированный от других АСУТП, локальный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для управления конкретным технологическим процессом, например: АСУТП насосной станции, АСУТП подачи воды из скважины, АСУТП отопления помещения, АСУТП прокатного стана, АСУТП доменной печи, АСУТП подстанции электроснабжения. Внедрение разнородных АСУТП, на базе различных сетевых архитектур, аппаратных и программных решений, усложняет задачу комплексного автоматического мониторинга и диспетчеризации объекта в целом. Особая проблема состоит в реализации однородных интерфейсов доступа к данным различных АСУТП, работающих асинхронно.

Развитие программно – технических средств за последние 25 лет в корне изменило структуру построения автоматизированных систем. Программное обеспечение становится определяющим компонентом взаимодействия систем АСУ.

Группа специалистов г. Магнитогорска, работающих в области системной интеграции, с 1998 года занимается разработкой, внедрением и сопровождением программных продуктов для промышленных предприятий. Анализируя специфику автоматизации крупных предприятий, на основе опыта, накопленного в ходе внедрения различных программных продуктов, разработан специализированный программный комплекс «ПАРАДИГМА» (далее СПК «ПАРАДИГМА»).

СПК «ПАРАДИГМА» представляет собой многоуровневую компонентно-ориентированную систему взаимодействия распределенных данных. Являясь интеграционным ядром между уровнем управления технологией и уровнем управления производством (MES), обеспечивает гибкий механизм для построения систем диспетчеризации и контроля. Архитектурно «ПАРАДИГМА» представляет собой 9 отдельных модулей (см. рисунок).

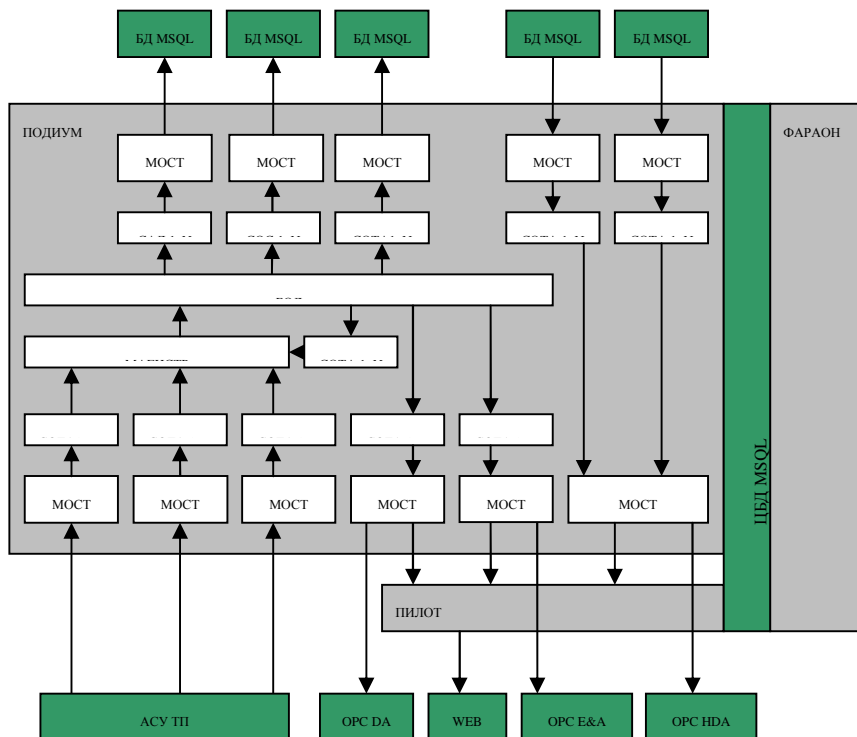
СПК «ПАРАДИГМА» обеспечивает объединение разнородных систем АСУТП в единое пространство распределенных технологических данных, с возможностью их оперативной обработки, накопления и вывода архивной информации, а также формирования событий и регистрации аварийных состояний. В основе доступа к производственной информации реального времени, предоставляемой технологическим уровнем АСУТП, используются стандартные интерфейсы

OLEDB или OPCDA. Для обеспечения интеграции с АСУТП, использующих нестандартные интерфейсы, разработаны специализированные программные модули.

Для крупных предприятий, где много территориально распределенных объектов автоматизации, СПК «ПАРАДИГМА» может объединяться в каскадную структуру.

Все данные, собранные в ядре интеграционного комплекса, доступны по стандартным интерфейсам для любых систем АСУП предприятия.

Клиенты, работающие с системой СПК «ПАРАДИГМА» используют WEB-интерфейс, т.е. могут находиться в любой точке планеты.



Структурная схема СПК «ПАРАДИГМА»:

ФАРАОН - Функциональный архитектор по развертыванию, администрированию и общей настройке

ПОДИУМ - Подсистема обработки данных и управления модулями

СОТА - Сервер обработки тегов и агрегирования

САД - Сервер архивации данных

СОС - Сервер обработки событий

МОСТ - Модуль оперативного сопряжения тегов

МАГИСТР - Математико-алгоритмический интерпретатор специализированных технологических расчетов

БОД - Буфер оперативных данных

ПИЛОТ - Подсистема извлечения и локального отображения тегов

Преимущества внедрения:

- Автоматическое формирование критериев, характеризующих состояние объекта управления и его представление на всех уровнях производства.
- Единый стандарт для решения интеграционных задач: использование единых технологий и единых форматов данных.
- Единое консолидированное хранилище технологических данных.
- Независимость от программных продуктов АСУ нижних и верхних уровней.
- Построение иерархических систем автоматизации для территориально-распределенных организаций.
- Поддержка СУБД: для хранения данных может использоваться СУБД MS SQL или InSQL.

Развитие современных программных и аппаратных средств создало возможность построения гибкой и надежной системы сбора и отображения технологической информации. При огромном количестве параметров и событий, характеризующих производственные процессы, требуется автоматическая система сбора, агрегирования, хранения и представления ключевых параметров функционирования объекта управления. Представленная авторами реализация может быть применена на различных предприятиях как основа решения задач диспетчеризации и контроля.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ, ПОЛУЧАЕМЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ ОТ ТОЧНОСТИ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРОГНОЗОВ

Л.А. Мыльников

*Пермский государственный технический университет,
Пермь, Россия, Email: lmylnikov@mail.ru*

В век высокого уровня развития техники все больше и больше процессов на предприятии автоматизируют с целью эффективного управления производством и, в итоге, создают целые системы. Одной из важнейших составляющих процесса управления производством является планирование. Его ведущая роль в принятии управленческих решений определяется тем, что в ходе планирования ставятся цели и распределяются ресурсы оперирующей системы.

При математическом моделировании процессов, для которых характерны множественность критериев, интервальность или нечеткость значений исходных данных, классические методы точного количественного анализа задач оказываются недостаточными в силу слабой структурированности и неопределенности их параметров. Для решения задач в условиях многокритериальности и неопределенности данных используется концепция двухуровневого подхода в их моделировании (на первом уровне рассматривается задача определения параметров модели, на втором уровне стоит задача разработки математической или экономико-математической модели).

Особенностью инновационных проектов является неопределенность в некоторых суждениях и принятие решений на основе прогнозов. Прогнозирование может осуществляться лишь с определенной степенью достоверности, при этом, чем более удален во времени период, на который осуществляется прогнозирование, тем меньше точность прогноза.

Изложенное выше влияет на постановку задач принятия решений при управлении инновационными проектами. Например, задача стратегического планирования формулируется в следующем виде.

Пусть x_i ; $i = \overline{1, N}$ - вектор неизвестных, каждая компонента которого определяет количество выпускаемой продукции типа i . Тогда критерий оптимальности данной задачи, определяющий максимум прибыли предприятия за период планирования T , запишется в следующем виде:

$$\sum_i C_i x_i \rightarrow \max .$$

где $C_i, i = \overline{1, N}$ - чистая прибыль от производства i -ого товара, рассчитываемая на основе построенных прогнозов.

Ограничения на производственные мощности можно представить в следующем виде:

$$\sum_i R_{ij} x_i \leq P_j, j = \overline{1, M} .$$

где $R_{ji}, j = \overline{1, M}, i = \overline{1, N}$ - потребность в мощностях каждого типа оборудования на единицу готового изделия задаваемая на основе технологических маршрутов производства; $P_j, j = \overline{1, M}$ - общий ресурс в мощностях для каждого типа оборудования найденный из расчета средней производительности по всему оборудованию данного типа.

Аналогичным образом представляется ограничение на ключевые материалы:

$$\sum_i S_{ki} x_i \leq T_k, k = \overline{1, K} .$$

где $S_{ki}, k = \overline{1, K}, i = \overline{1, N}$ - потребность в ключевых материалах на единицу готового изделия задаваемая на основе спецификации изделий; $T_k, k = \overline{1, K}$ - объем доступных ключевых материалов, определенный на основе данных о состоянии склада и плана закупки.

Ограничения по рынку продаж, как по отдельным товарам, так и по их совокупности, можно представить в следующем виде:

$$\sum_i a_i^q x_i \leq G^q, q = \overline{1, Q} ,$$

где $a_i^q = \begin{cases} 1 - \text{если } i\text{-ый товар принадлежит совокупности } q \\ 0 - \text{если } i\text{-ый товар не принадлежит совокупности } q \end{cases} ;$

$G^q, q = \overline{1, Q}$ - ограничение, по рынку сбыта определяемое на основании прогноза.

В приведенной формулировке такие параметры, как C_i и G^q определяются на основании прогнозов, а значит, в зависимости от горизонта прогнозирования они будут иметь разную точность и решения при движении времени и новых расчетах может не совпадать с уже полученными на предыдущих этапах. Таким образом, становится актуальной задача исследования устойчивости решения и разработки алгоритма корректировки и определения хорошего допустимого решения для всех стадий развития проекта.

Решение поставленной задачи должно осуществляться циклически (рис. 1).

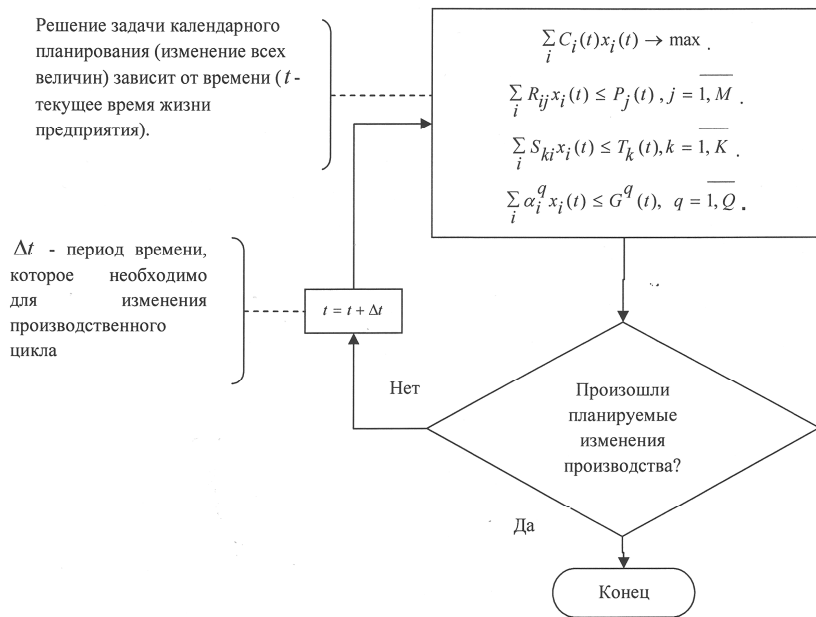


Рис. 1. Алгоритм изменения производственного процесса в соответствии с планируемыми изменениями производства (внедрением инновационной продукции)

Поставленная задача – является многопараметрической. Результатом решения данной задачи будет Парето-оптимальное множество.

Для начала решения необходимо определить область, в которой будут находиться допустимые решения. Для этого наложим ограничения на каждый из параметров задачи (см. рис. 1).

Для проверки множества решений будем решать задачу точным методом с использованием программы SimplexWin. При этом будем считать, что различные параметры могут находиться на различных стадиях и их значения могут изменяться скачкообразно. Для учета таких ситуаций прогнозируемые кривые будем сдвигать по оси времени относительно друг друга.

Анализ будем проводить для трех продуктов, удовлетворяющих близкие потребности, т.е. эти продукты будут иметь индивидуальные кривые объема продаж, заданные прогнозами, и общую кривую для ограничения по рынку сбыта.

В результате расчетов мы получаем табл. 1, 2, 3 и на их основе строим графики зависимости рекомендуемого изменения объема выпуска от изменения прибыли по каждому продукту. Для оценки полученных результатов строим графики, представленные на рис. 3.

Из полученных графиков видно, что существует величина шага времени t , при котором задача будет устойчива по Ляпунову. Тогда решение задачи стратегического управления планированием производством сводиться к задаче поиска этой величины шага. При этом стоит отметить, что в зависимости от скорости изменения параметров эта величина может быть различна, но она не может быть меньше времени требуемого на внесение изменений в производственный план.

Общий алгоритм поиска времени t может быть представлен следующим алгоритмом.

В результате проведенного исследования исследована устойчивость по Ляпунову задача стратегического планирования производства. Сделан вывод о влиянии шага дискретизации на устойчивость сформулированной задачи. И разработан алгоритм поиска такого шага, позволяющего находить устойчивые по Ляпунову решения.

Однако, несмотря на полученные результаты, задача поиска устойчивого решения требует дополнительного исследования в связи с тем, что размер продуктовой линейки предприятия может значительно превышать количество продуктов тестового примера. Кроме этого в тестовом примере все продукты относятся к одной продуктовой груп-

пе, что также может не соответствовать реальному положению дел на производстве.

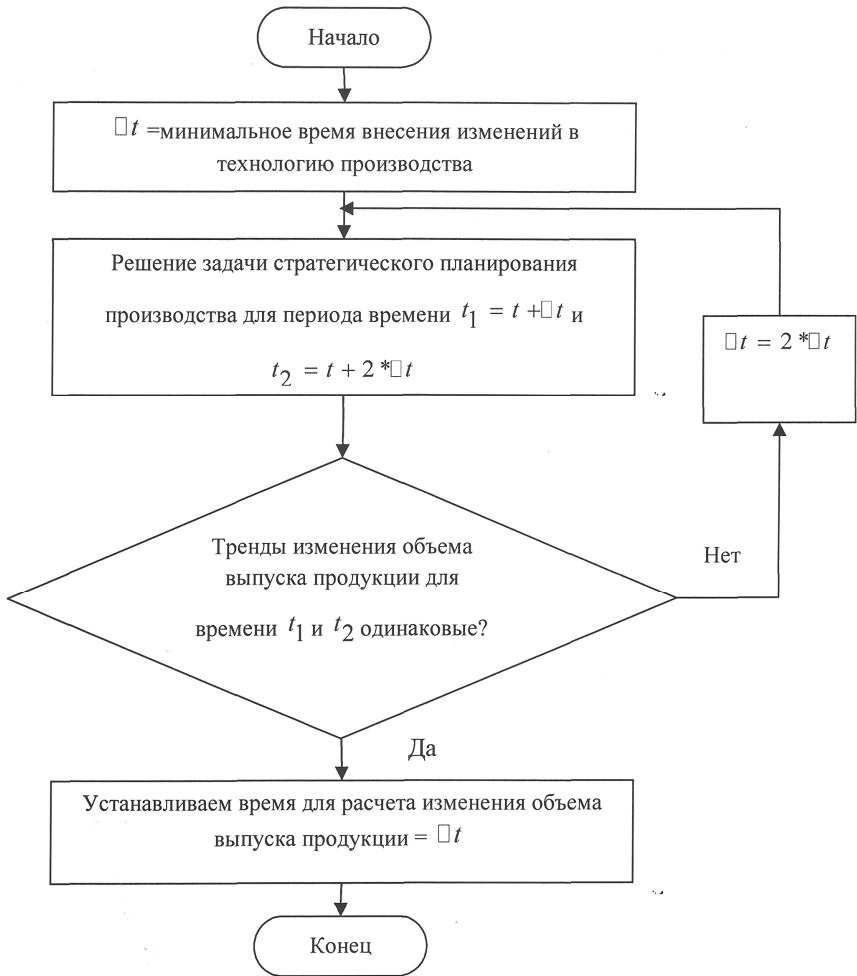


Рис. 2. Алгоритм определения времени, через которое могут быть внесены изменение в производственный процесс

Таблица 1

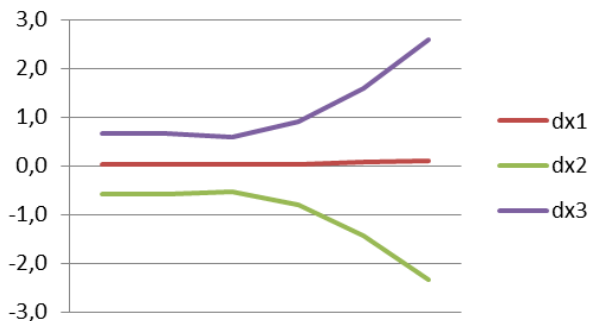
Гол (t)	t ₁	Δt ₁₂	t ₂	Δt ₂₃	t ₃	Δt ₃₄	t ₄	Δt ₄₅	t ₅	Δt ₅₆	t ₆	Δt ₆₇	t ₇	Δt ₇₈	t ₈	Δt ₈₉	t ₉	Δt ₉₀	t ₁₀	Δt ₁₀₁₁	t ₁₁	Δt ₁₁₁₂	t ₁₂	Δt ₁₂₁₃	t ₁₃	Δt ₁₃₁₄	t ₁₄
Прибыль1	200	30	230	30	260	15	275	20	295	25	320	50	370	20	390	125	515	15	530	70	600	5	605	-365	240	-40	200
Прибыль2	125	30	155	30	185	15	200	25	225	0	235	35	290	15	305	135	440	15	455	70	525	5	530	-230	300	-60	240
Прибыль3	150	30	180	30	210	5	215	20	235	35	270	30	320	20	340	60	400	90	490	70	560	10	570	-270	300	-70	230
Насыщенность1	0,3	0,3	0,6	0,3	0,9	0,4	1,3	0,4	1,6	0,3	1,9	0,3	2,2	0,3	2,5	0,3	2,8	0,3	3,1	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4	4,1	0,5	4,6
х1	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0
х2	99,7	-0,3	99,2	-0,3	99,2	-0,3	98,9	-0,3	98,6	-0,3	98,3	-0,3	98,0	-0,3	97,8	-0,3	97,5	-0,3	97,2	-0,3	96,9	-0,3	96,7	-0,4	96,3	-0,5	95,9
х3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,9	0,4	1,3	0,4	1,6	0,3	1,9	0,3	2,2	0,3	2,5	0,3	2,8	0,3	3,1	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4	4,1	0,5	4,6

Таблица 2

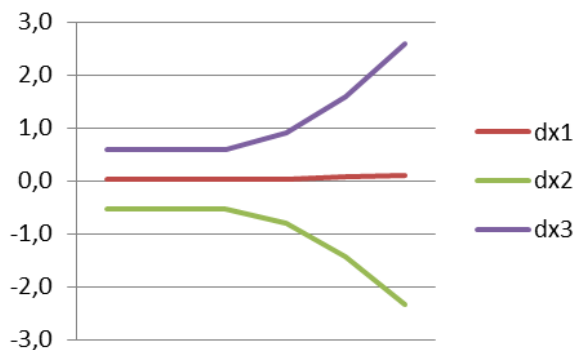
Гол (t)	t ₁	Δt ₁₂	t ₂	Δt ₂₃	t ₃	Δt ₃₄	t ₄	Δt ₄₅	t ₅	Δt ₅₆	t ₆	Δt ₆₇	t ₇	Δt ₇₈	t ₈	Δt ₈₉	t ₉	Δt ₉₀	t ₁₀	Δt ₁₀₁₁	t ₁₁	Δt ₁₁₁₂	t ₁₂	Δt ₁₂₁₃	t ₁₃	Δt ₁₃₁₄	t ₁₄
Прибыль1	200	30	230	30	260	15	275	20	295	25	320	50	370	20	390	125	515	15	530	70	600	5	605	-365	240	-40	200
Прибыль2	125	30	155	30	185	15	200	25	225	0	235	35	290	15	305	135	440	15	455	70	525	5	530	-230	300	-60	240
Прибыль3	150	30	180	30	210	5	215	20	235	35	270	30	320	20	340	60	400	90	490	70	560	10	570	-270	300	-70	230
Насыщенность2	1,6	0,3	1,9	0,3	2,2	0,3	2,5	0,3	2,8	0,3	3,1	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4	4,0	0,5	4,6	0,4	5,0	0,2	5,2	0,2	5,4	0,3	5,7
х1	40,1	0,0	40,1	0,0	40,1	0,0	40,1	0,0	40,1	0,0	40,1	0,0	40,1	0,0	40,2	0,0	40,2	0,0	40,2	0,1	40,3	0,1	40,4	0,0	40,4	0,0	40,4
х2	98,0	-0,3	97,8	-0,3	97,5	-0,3	96,9	-0,3	96,7	-0,4	96,3	-0,5	95,9	-0,4	95,5	-0,4	95,5	-1,1	94,4	-1,2	93,3	-1,2	92,1	-1,1	91,0	-1,1	89,9
х3	2,2	0,3	2,5	0,3	2,8	0,3	3,1	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4	4,1	0,5	4,6	0,4	5,0	1,2	6,2	1,3	7,5	1,3	8,8	1,2	10,0	1,2	11,2

Таблица 3

Гол (t)	t ₁	Δt ₁₂	t ₂	Δt ₂₃	t ₃	Δt ₃₄	t ₄	Δt ₄₅	t ₅	Δt ₅₆	t ₆	Δt ₆₇	t ₇	Δt ₇₈	t ₈	Δt ₈₉	t ₉	Δt ₉₀	t ₁₀	Δt ₁₀₁₁	t ₁₁	Δt ₁₁₁₂	t ₁₂	Δt ₁₂₁₃	t ₁₃	Δt ₁₃₁₄	t ₁₄
Прибыль1	200	30	230	30	260	15	275	20	295	25	320	50	370	20	390	125	515	15	530	70	600	5	605	-365	240	-40	200
Прибыль2	125	30	155	30	185	15	200	25	225	0	235	35	290	15	305	135	440	15	455	70	525	5	530	-230	300	-60	240
Прибыль3	150	30	180	30	210	5	215	20	235	35	270	30	320	20	340	60	400	90	490	70	560	10	570	-270	300	-70	230
Насыщенность3	2,8	0,3	3,1	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4	4,1	0,5	4,6	0,4	5,0	1,2	6,2	1,3	7,5	1,3	8,8	1,2	10,0	1,2	11,2	1,3	12,5	1,3	13,8
х1	40,1	0,0	40,1	0,0	40,1	0,0	40,2	0,0	40,2	0,0	40,2	0,0	40,2	0,0	40,2	0,0	40,3	0,1	40,4	0,0	40,4	0,0	40,4	0,0	40,4	0,1	40,6
х2	97,5	-0,3	97,2	-0,3	96,9	-0,3	96,7	-0,4	96,3	-0,5	95,9	-0,4	95,5	-1,1	94,4	-1,2	93,3	-1,2	92,1	-1,1	91,0	-1,1	89,9	-1,2	88,8	-1,2	87,6
х3	2,8	0,3	3,1	0,3	3,4	0,3	3,7	0,4	4,1	0,5	4,6	0,4	5,0	1,2	6,2	1,3	7,5	1,3	8,8	1,2	10,0	1,2	11,2	1,3	12,5	1,3	13,8



а)

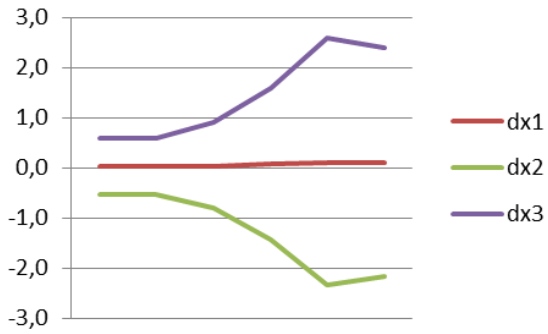


б)

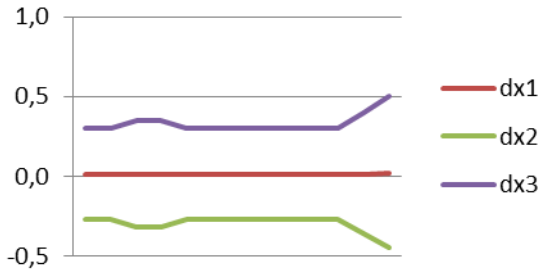
Рис. 3. Кривые изменения объема выпуска продукции:
 а) расчет плана производства с шагом на период планирования в один год; б) расчет плана производства с шагом на период планирования в один год со сдвигом кривой прогноза сбыта на 2 года вперед; в) расчет плана производства с шагом на период планирования в один год со сдвигом кривой прогноза сбыта на 4 года вперед; г) расчет плана производства с шагом на период планирования в полгода; д) расчет плана производства с шагом на период планирования в полгода со сдвигом кривой прогноза сбыта на 2 года вперед; е) расчет плана производства с шагом на период планирования в полгода со сдвигом кривой прогноза сбыта на 4 года вперед.

На с. 126 Рис. 3. Продолжение

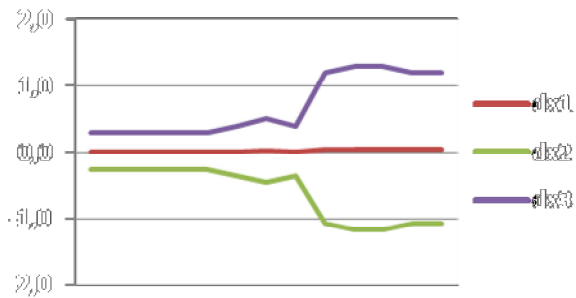
На с. 127 Рис. 3. Окончание



б)

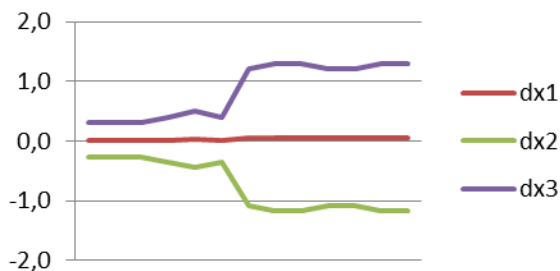


г)



д)

Рис. 3. Продолжение



е)

Рис. 3. Окончание

Список литературы

1. APICS dictionary // American Production and Inventory Control Society, 1992. – 54 p.
2. Oliver W. Wight Production and inventory management in the computer age. - Macmillan of Canada, 1974.
3. Басовский Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка. – М.: ИНФРА-М, 2002. - 260 с.
4. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II.-СПб.: Питер, 2003.-352 с.
5. Компьютерно-интегрированные производства и CALS технологии в машиностроении. - М.: Федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности. 1999. - 510 с.
6. О’Лири Дэниел ERP-системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. - М.:ООО «Вершина», 2004. – 272 с.
7. Родников А. Н. Логистика. Терминологический словарь. - М.: Экономика. 1995. – 251 с.

Секция
«УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫМИ
И ЭКОНОМИЧЕСКИМИ
СИСТЕМАМИ»

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ЭГОИСТИЧНОГО ПОВЕДЕНИЯ УЗЛОВ В МНОГОАГЕНТНЫХ СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Н.И. Базенков

*Институт проблем управления РАН им. В.А.Трапезникова,
Москва, Россия*

n.bazenzkov@gmail.com

Последнее десятилетие было отмечено интенсивным развитием технологий беспроводной связи и возможностей мобильных устройств, таких, как ноутбуки, сотовые телефоны, коммуникаторы. В связи с этим возникла концепция новой архитектуры телекоммуникационных сетей – сети, образованные мобильными беспроводными устройствами без использования какого-либо дополнительного оборудования помимо того, которым оснащены сами устройства. Исторически сложилось, что сети, организованные при отсутствии заранее подготовленной инфраструктуры, называют ad hoc сетями. Они могут использоваться в тех случаях, когда требуется быстро обеспечить связь в районе, где соответствующая инфраструктура отсутствует или разрушена в результате аварии или стихийного бедствия. В повседневной жизни подобные сети могут быть полезными для быстрой организации видеоконференций, проведении удаленных совещаний и других мероприятий, которые требуют наличия связи, если по каким-то причинам отсутствует доступ к интернету и невозможно воспользоваться проводной или беспроводной локальной сетью.

Управление функционированием таких сетей осуществляется децентрализованно [1]. Поскольку принятие решений происходит на уровне отдельных узлов, эти узлы можно считать агентами, а образованные ими сети – многоагентными системами.

Характерной особенностью сетей на основе мобильных устройств являются ограниченные ресурсы, как вычислительные, так и энергетические. Если сеть включает в себя устройство, принадлежащее обычному пользователю, он может перенастроить программное обеспечение таким образом, что узел перестанет передавать данные других с целью экономии собственных ресурсов. Причины могут быть разными. Во-первых, на передачу данных расходуется энергия батареи, что может оказаться критичным для таких устройств, как мобильные телефоны. Во-вторых, при использовании беспроводной связи пропускная способность сети сильно зависит от объема передаваемых данных. Соответственно, узел может пытаться уменьшить нагрузку на важные для него пути.

Поведение, при котором узел согласен передавать чужие сообщения, назовем кооперативным, а узел, который ведет себя подобным

образом даже в отсутствие специального контроля, будем называть кооперативным. Поведение, при котором узел отказывается передавать чужие сообщения с целью экономии своих ресурсов, назовем эгоистичным; соответствующие узлы будем называть эгоистичными.

Впервые проблема возможного эгоистичного поведения была описана в [2]. Авторы экспериментально показали, что наличие эгоистичных узлов снижает производительность сети, и предложили механизм *watchdog* для обнаружения эгоистичного поведения. Принцип работы *watchdog* основан на том, что при использовании беспроводной связи все узлы, находящиеся в радиусе действия передатчика, могут прослушивать канал и определять, передал ли узел то сообщение, которое был обязан передать. Способ имеет ряд недостатков, связанных с возможностью потери сообщений в результате коллизий, и не может считаться абсолютно надежным методом выявления эгоистичных узлов. Несмотря на это, в дальнейшем исследователи уделяли внимание в основном разработке новых механизмов контроля эгоистичного поведения, считая проблему его обнаружения решенной.

В [2] для уменьшения влияния эгоистичных узлов на сеть был предложен механизм *pathrater*, использующий систему рейтингов, чтобы исключить подобные узлы из путей передачи данных. Идея ранжирования узлов получила развитие в способах контроля, использующих понятие репутации [3, 4]. За каждым узлом ведется наблюдение в течение определенного времени. Действия, оцениваемые как эгоистичные, понижают значение репутации узла, а действия, оцениваемые как кооперативные, повышают. Если репутация опускается ниже определенного порога, узел изолируется от сети и лишается возможности передавать данные.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий идею, лежащую в основе контроля эгоистичных узлов. Есть узлы, объединенные в сеть, как показано на рис. 1. Узлы В и С собираются передать в течение некоторого отрезка времени по путям $r_B = \text{'BCD'}$ и $r_C = \text{'CBA'}$ свои сообщения. В том случае, если данные успешно достигли получателя, узел получает выигрыш u . На передачу чужих данных узел несет затраты c .

Узлы А и D выступают только как приемники и не принимают активного участия в процессе передачи. Пусть узлам В и С доступны два возможных действия: передавать чужие данные (кооперативное поведение) или не передавать (эгоистичное поведение). Назовем узел В игроком P_1 , а узел С – игроком P_2 . В матрице на рис. 2 представлены возможные исходы игры. Кооперативное и эгоистичное поведение обозначено буквами С (Cooperate) и D (Defect) соответственно.

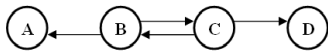


Рис. 1. Взаимодействие эгоистичных узлов

	P_2	C	D
P_1			
	C	$u-c; u-c$	$-c; u$
	D	$u; -c$	$0; 0$

Рис. 2. Матрица выигрышей в игре передачи данных с двумя игроками

В наиболее общем случае функции выигрыша узлов можно представить в виде

$$v_i(t) = u_i p_{-i}(t) - c_i p_i(t), \quad (1)$$

где u_i – выигрыш узла i от успешной передачи его данных, c_i – затраты узла i на передачу чужих данных. Величины $p_i, p_{-i} \in \{0,1\}$ представляют действия игрока i и его оппонента соответственно.

Игра, имеющая такую матрицу выигрышей и продолжающаяся в течение нескольких тактов времени, известна под названием *повторяющейся дилеммы заключенного*. Работы [5-8], основываясь на полученных для нее результатах [9, 10], предлагают различные стратегии поведения, призванные обеспечить кооперацию узлов.

Функция выигрыша, представленная формулой (1), естественным образом подходит для описания энергетических затрат агента, поскольку затраты и полезность использования сети, зависящая от доступной пропускной способности, явно никак не связаны.

В то же время одной из наиболее острых проблем при разработке подобных сетей является сильное снижение доступной узлам пропускной способности при увеличении нагрузки на сеть [11]. В связи с этим представляет интерес исследование эгоистичного поведения узлов, ставящих своей целью уменьшение загрузки определенных путей с тем, чтобы повысить эффективность использования сети. Эта задача будет предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. Abolhasan M., Wysocki T., Dutkiewicz E. A Review of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks // *Ad Hoc Networks* vol.2, no.1, Jan. 2004, pp. 1-22.
2. Marti S, Giuli T.J., Lai K., Baker M. Mitigating Routing Misbehavior in Mobile Ad Hoc Networks // *Proc. of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2000.

3. Michiardi P., Molva R. CORE: A Collaborative Reputation Mechanism to enforce node cooperation in Mobile Ad hoc Networks // *IFIP - Communication and Multimedia Security Conference*, 2002.
4. Buchegger S., Le Boudec J.-Y. Performance analysis of the CONFIDANT protocol // *Proc. of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing*, 2002.
5. Urpi A., Bonuccelli M., Giodano S. Modelling cooperation in mobile ad hoc networks a formal description of selfishness // *Proc. of WiOpt'03: Modeling and Optimization in Mobile, Ad hoc and Wireless Networks*, 2003.
6. Felegyhazi M., Buttyan L., Hubaux J.-P. Nash Equilibria of Packet Forwarding Strategies in Wireless Ad Hoc Networks // *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 5, no. 4, Apr. 2006.
7. Milan F., Jaramillo J.J., Srikant R. Achieving Cooperation in Multihop Wireless Networks of Selfish Nodes // *GameNets '06 - Proc on. the 2006 workshop on Game theory for communications and networks*, 2006
8. Altman E., Kherani A.A., Michiardi P., Molva R. Non-cooperative Forwarding in Ad-Hoc Networks // *NETWORKING 2005, LNCS 3462*, pp. 486-498, 2005.
9. Axelrod R. *The Evolution of Cooperation*. - Basic Books, 1984
10. Mailath G.J., Samuelson L. *Repeated Games and Reputation - Long-Run Relationships*. - Oxford University Press, 2006.
11. Li J., Blake C., Couto D.S.J., Lee H.I., Morris R. Capacity of Ad Hoc Wireless Networks // *Proc. of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2001.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕЩЕНИЯ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ

Е.А. Сидоренко, О.В. Будков
ГОУ ВПО ВГАСУ, Воронеж, Россия

В целях применения теории нечетких множеств к построению календарного планирования строительного производства (КП СП) прежде всего, предполагает, что для основных нечетких понятий должна быть построена функция принадлежности.

В [2] для определения степени принадлежности элемента x множеству X используется понятие «коллективного мнения ЛПР». Ответы ЛПР оформляются в виде матрицы M с элементами m_{ij} .

Если для такой матрицы выполняется условие гипертранзитивности [5], то принадлежность элементов можно найти из решения системы уравнений: $Mv = a_{\max}v$, где a_{\max} - максимальное собственное значение, равное n - размерности матрицы, а v - собственный вектор, соот-

ветствующий этому собственному значению. Значение принадлежности в этом случае рассчитывается по формуле:

$$m(x_i) = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i}, \quad " i = \overline{1, n}$$

Значение функции принадлежности определяется каждый раз специалистом по КП. Функция принадлежности $m_A(x)$ для нечеткого множества A задает степень неопределенности принадлежности x к A с субъективной точки зрения. В [6, 7] было доказано, что случайная величина, характеризующая продолжительность выполнения СМР, подчиняется закону бета-распределения. Это объективный факт, который можно опровергнуть, только доказав обратное.

При возможности использования строгих математических закономерностей необходимо строить процесс КП исходя из них. Однако, на практике часто получается, что процесс КП не может быть строго формализован. В этом случае можно воспользоваться теорией нечетких отношений [8].

Под нечеткими отношениями на произвольном непустом множестве X понимается пара множеств X и F (обозначается (X, F)), где F - нечеткий график отношения. Можно определить четыре способа задания нечеткого отношения. Нечеткое отношение в теоретико-множественном виде задается как перечисление множеств $X = \{x_i\}_{i=1, \dots, n}$ и нечеткого графа $F = \{m(x_i, x_j), (x_i, x_j)\}$, где (x_i, x_j) из X^2 .

При матричном задании отношение j определяется в виде матрицы смежности R с элементами $r_{ij} = m(x_i, x_j)$, где $m(x_i, x_j)$ - функция принадлежности X^2 нечеткому графу F .

Нечеткое отношение можно задавать также с помощью графа с множеством дуг (x_i, x_j) , которым приписывается значение $m(x_i, x_j)$.

Если $j(X, F)$ - нечеткое отношение и $m_F(a, b) \hat{I} F, a, b \hat{I} X$, то $a_j b$ представляет собой нечеткое логическое высказывание, значение истинности которого $m_F(a, b)$. Таким образом, для задания нечеткого отношения j на X возможно указать нечеткую логическую формулу $x_i j x_j$ от двух переменных, определенную на множестве X^2 и принимающую значения в интервале $[0, 1]$. Таким образом, следует отметить, что теория нечетких множеств может быть применима к процессу формализации совмещения различных СМР друг с другом при управлении СП.

Пусть для строительства каждого объекта известен перечень всех работ $l=1, \dots, L$; для каждой работы l определено множество S_l - тех работ, от выполнения которых зависит начало работы l . Для определения взаимосвязи между работами l и k используется коэффициент совмещения по началу k_{kl}^n и по концу k_{kl}^k . Будем предполагать, что эти коэффициенты зависят от набора факторов $X_i, i=1, \dots, N$:

- * трудоемкости предшествующей и последующей работ (Q_k, Q_l);
- * количества рабочих на соответствующих работах (N_k, N_l);
- * параметров архитектурно-планировочных решений (площади объекта - S , площади строительной площадки - S_1 , периметру объекта - P , периметру строительной площадки - P_1).

Будем предполагать, что $K_{сов}$ зависит от набора параметров $\{X_i\}$:

$$K_{сов} = \dot{a} \prod_{i=1}^n a_{ij} (x_i)$$

Обозначим через $K_j, j = \overline{1, m}$ оценку j -го эксперта величины коэффициента совмещения. Абсолютная ошибка отклонения оценки j -го эксперта от величины $K_{сов}$ будет равна $e_j = |K_j - K_{сов}|$, а относительная

$$d_j = \left| \frac{K_{сов}}{K_j} - 1 \right|$$

Поставим задачу выбора величины $K_{сов}$ таким образом, чтобы минимизировать максимальную ошибку

$$e = \max_j e_j$$

$$d = \max_j d_j \text{ либо среднюю ошибку } \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m e_j, \text{ или } \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m d_j$$

Решение этих задач будет рассмотрено в докладе.

После того как значение $K_{сов}$ определено, можно определить параметры a_j . Заметим, что эти параметры определяются неоднозначно. Поэтому рассмотрим более общий случай, когда коэффициент совмещения определяется при различных наборах факторов $x_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$. Обозначим через Q_j - коэффициент совмещения при j -м наборе факторов (полученный на основе экспертных оценок, как описано выше). Тогда параметры a_j определяются из решения системы уравнений $\prod_{i=1}^n a_{ij} (x_{ij}) = q_j, j = \overline{1, m}$ (7)

При большом числе m возможных наборов факторов эта система может не иметь решений. В этом случае параметры a_i определяют-

ся в результате решения следующей ЗЛП: определить $e \in \mathbb{R}^n$, $a_i = \overline{1, n}$, такие, что $e \in \min$ при условиях

$$q_j - e \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq q_j + e, \quad j = \overline{1, m}.$$

Таким образом, мы получаем возможность определять коэффициенты совмещения работ, подставляя в (7) значения факторов x . Учитывая, что коэффициент совмещения является нечеткой величиной, построим функцию принадлежности на основе мнений экспертов k_j и ошибок e_j (или d_j), полученных в результате решения вышеописанных задач. Для этого представим мнение j -го эксперта в виде отрезка $[k_j - e_j; k_j + e_j]$. Определим функцию принадлежности следующим образом $P(k) = \sum_{j=1}^m x_j$, где $x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } k \in [k_j - e_j; k_j + e_j] \\ 0, & \text{если } k \notin [k_j - e_j; k_j + e_j] \end{cases}$.

Таким образом, функция принадлежности равна числу экспертов, оценка которых k_j отличается от оценки k не более чем на ошибку e_j . Можно показать, что в точке k , полученной в результате решения вышеописанных задач минимизации ошибки функция принадлежности принимает максимальное значение.

Запишем эту зависимость для каждой реализации календарного плана при условии, что точное равенство может не выполняться:

$$\left| \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^n b_{ij} |j_i(x_{ij})| \leq k_j, \quad j = \overline{1, m},$$

$$\left| \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n b_{ij} |j_i(x_{ij})| \geq k_j, \quad a_i - b_{ij} \in \mathbb{R}^n.$$

Величина $\sum_{i=1}^n b_{ij} |j_i(x_{ij})|$ определяет ошибку приближения.

Естественным требованием была бы минимизация этой ошибки: $\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n b_{ij} |j_i(x_{ij})| \in \min$.

Получили ЗЛП. Пусть (a_i^*, b_{ij}^*) - решение ЗЛП. Тогда коэффициент совмещения будет являться нечетким множеством, полученным объединением m интервалов:

$$K = \bigcup_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^n a_i^* x_{ij} - \sum_{i=1}^n b_{ij}^* |j_i(x_{ij}^*)|, \sum_{i=1}^n a_i^* x_{ij} + \sum_{i=1}^n b_{ij}^* |j_i(x_{ij}^*)| \right]$$

где x_i^* - значения параметров для конкретного объекта. В качестве функций $|j_i(x)|$ могут выступать: экспоненты, логарифмы, степенные функции.

Таким образом, для всех возможных пар СМР можно построить нечеткие зависимости коэффициентов совмещений в виде $K_{сов} = f(Q_k, Q_l, N_k, N_l, S, S_1, P, P_1)$.

Модель позволяет объединить коэффициенты в базу данных, которая будет использоваться в процессе автоматизации КП строительного производства. Это позволит в значительной степени формализовать процесс КП и значительно снизить трудоемкость составления календарных планов.

Список литературы

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию решений. М.: Мир, 1976. – 245 с.
2. Миркин Б.Г. Проблемы группового выбора. М.: Наука, 1974. – 256с.
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Наука, 1982. – 184 с.
4. Евланов Л.Г., Кутузов В.А. Экспертные оценки в управлении. М.: Экономика, 1978. – 156 с.
5. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето – оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. – 276 с.
6. Бурков В.Н., Панков Л.А. Получение и анализ экспертной информации. – Препринт. ИПУ, 1980. – 45 с.

ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Л.Т. Сабирзянова, Р.Т. Сиразетдинов

*Казанский государственный технический университет
им. А.Н.Туполева, город Казань*

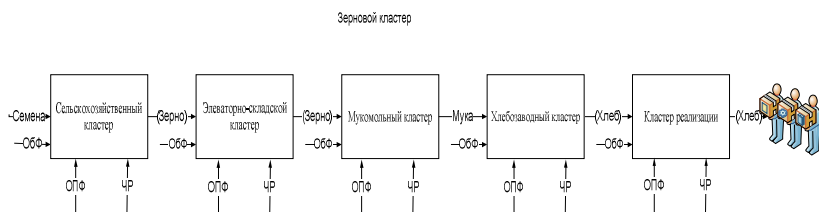
В результате политических и экономических изменений, происходящих в мире, а также стремительного научно-технического прогресса, возникает необходимость в использовании новых подходов к социально-экономическому развитию регионов России. Одним из современных средств развития регионов является кластерный подход. Это связано, в том числе, и с невозможностью применения директивных принципов управления экономикой региона в условиях развивающихся рыночных отношений. Новые подходы к управлению экономикой требуют разработки новых принципов принятия управленческих решений, которые невозможны без применения математического моде-

лирования. Однако, выбранные социально-экономические средства управления должны позволять обеспечивать выживаемость населения региона в случае неблагоприятной экономической ситуации. Влияние негативных факторов не должно ставить под угрозу устойчивое функционирование экономики региона.

Изучение устойчивого развития путем математического моделирования социально-экономических систем получило развитие в виде научного направления на кафедре Динамики процессов и управления КГТУ им. А.Н. Туполева. В рамках проводимых исследований под термином устойчивое развитие региона понимается способность экономики в случае благоприятной социально-экономической ситуации развиваться на основе рыночных отношений, удовлетворяя потребности населения и бизнеса во все более полном объеме, а в случае критической (кризисной) ситуации переходить в режим удовлетворения, как минимум, потребностей населения в товарах и услугах первой необходимости, обеспечивая тем самым устойчивость региона.

В рамках данной статьи рассматривается система кластеров, ответственных за производство продовольственных товаров в регионе. На примере зернового кластера, выпускающего один из приоритетных товаров – хлебные изделия, рассмотрена взаимосвязь входящих в него пяти кластеров: сельскохозяйственного, элеваторно-складского, мукомольного, хлебозаводского и кластера реализации (рынка сбыта). На основе центральных процессов для каждого из подкластеров была разработана динамическая математическая модель.

Рассмотрим движение материального потока в зерновом кластере, схематически представленном на рисунке.



Структура зернового кластера:

*ОПФ - основные производственные фонды; ОбФ – оборотные фонды;
 ЧР – человеческие ресурсы

Материальный поток Зернового кластера начинается с посевных работ в сельскохозяйственном кластере. После созревания урожая и его сбора, полученное зерно перенаправляется в элеваторно-складской кластер. Здесь урожай обсушивается и складировается. По мере необходимости зерно поступает в мукомольный кластер, где про-

исходит его переработка в муку, которая отправляется на склад. Далее мука поступает в хлебозаводской кластер, как один из основных ингредиентов, необходимых для выпекания хлебных изделий. Последним этапом кластерной цепочки является кластер реализации.

Определяющим для каждого кластера является центральный процесс, который может быть представлен производственной моделью или моделью типа склада [1, 2]. Для обеспечения работы центрального процесса, необходимы вспомогательные процессы обеспечения оборотных фондов (сырье, материалы, топливо, комплектующие и т.д.), обеспечения основных производственных фондов (основные средства, специальное оборудование, персонал и т.д.) и обеспечения человеческими ресурсами (персонал различных квалификаций). Продукция, получаемая в результате работы центрального процесса, должна быть реализована – отсюда возникает процесс реализации поставщикам, дилерам, конечным покупателям и т.д.

Модель зернового кластера представлена тремя слоями.

Первый слой отражает движение материальных потоков кластера. Данный слой позволяет решать задачи баланса материальных потоков, обеспечивающих заданный уровень потребления хлебных изделий населением региона.

Второй слой отражает движение финансовых потоков кластера. Слой позволяет исследовать баланс между заработными платами работников кластера, ценами на производимую продукцию и покупательной способностью населения.

Третий слой отражает рыночные отношения не только между кластером реализации и населением, а также между каждым из кластеров, входящих в зерновой. Слой, представленный динамической моделью, основанной на соотношении спроса и предложения на продукцию, позволяет исследовать экономическую устойчивость рассматриваемых кластеров, находить оптимальное соотношение параметров, при которых достигается устойчивость, выявлять критические сочетания параметров, при которых кластеры находятся в граничных условиях устойчивости.

Разработанная модель представляет собой систему дифференциальных уравнений и алгебраических уравнений и неравенств и позволяет прогнозировать устойчивое развитие региона в части обеспечения населения стратегически важными продуктами первой необходимости. Одним из главных свойств кластеров, ответственных за обеспечение такими продуктами, является устойчивое функционирование во время кризисных ситуаций и обеспечение населения потребными объемами стратегической продукцией. Задавая входные параметры, описывающие кризисную экономическую ситуацию для модели, получа-

ем прогнозные варианты развития событий. Проверая варианты на критерии баланса и устойчивости работы системы кластера, выявляем наиболее оптимальные сценарии и на основе синтеза алгоритмов управления или самостоятельного стратегического решения, принимается управленческое решение, позволяющее вывести модель из кризиса и перейти к развитию.

Список литературы

1. Сиразетдинов Т.К. Динамическое моделирование экономических объектов. – Казань, «Фэн», 1996. – 224 с.
2. Сиразетдинов Т.К., Родионов В. В., Сиразетдинов Р.Т. Динамическое моделирование экономики региона. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 320 с.

РАЗРАБОТКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ ХОЛДИНГА С УЧЕТОМ ПРОЕКТОВ ПО СЛИЯНИЯМ И ПОГЛОЩЕНИЯМ

А.В. Синюков

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва,
lexx67@gmail.com*

Ключевые слова: слияния и поглощения, управление холдингом, оптимизация портфеля, инвестиционная стратегия.

Введение

В данной работе рассматриваются ключевые вопросы, связанные с разработкой инвестиционной стратегии холдинга и формирования оптимального портфеля проектов с учетом включения в него проектов М&А.

В настоящее время существует ряд работ [1, 2, 3, 4] касающихся проблем оптимизации портфеля инвестиционных проектов, а также обособленного рассмотрения проектов М&А [5, 6, 7]. Однако при этом не рассматривается задача включения в портфель проектов по слияниям и поглощениям. Рассмотрение расширенной задачи позволит

существенно повысить эффективность управления холдингом при принятии стратегических решений.

Основные этапы инвестиционной стратегии холдинга

Разработка инвестиционной стратегии холдинга состоит из двух основных этапов:

1. Оценка стоимости холдинга в целом и оценка его отдельных составляющих бизнес-единиц. На этом этапе определяются результаты деятельности холдинга, его эффективность, принимаются решения о возможной реструктуризации его структуры, с целью повышения его стоимости.

2. На следующем этапе рассматриваются возможные варианты развития как отдельных бизнес-единиц холдинга, так и холдинга в целом, разрабатываются инвестиционные проекты, рассматриваются возможные сделки по слияниям и поглощениям, которые могут обеспечить синергетический эффект.

Данная статья посвящена разработке инвестиционной стратегии холдинга и состоит из двух основных частей: первая посвящена проблеме оценки стоимости холдингов, а вторая оптимизация его структуры с учетом слияний и поглощений.

Оценка и управление стоимостью холдингом является важнейшей задачей корпоративных финансов. Одной из важнейших проблем является декомпозиция сложной структуры холдинга на отдельные бизнес - единицы и корпоративный центр. При этом представляет интерес, как стоимость холдинга в целом, так и отдельных бизнес – единиц. Отдельного внимания заслуживает задача оценки эффективности корпоративного центра и общей синергии.

Стоимость холдингов зависит от успешного управления портфелем бизнес - единиц, находящихся под контролем компании.

Стоимостная оценка, построенная на раздельных оценках бизнес - единиц, позволяет разобраться с подноготной компании, нежели оценка ее как единой организации. Раздельная стоимостная оценка бизнес – единиц составляет ключевой элемент управления, ориентированного на стоимость.

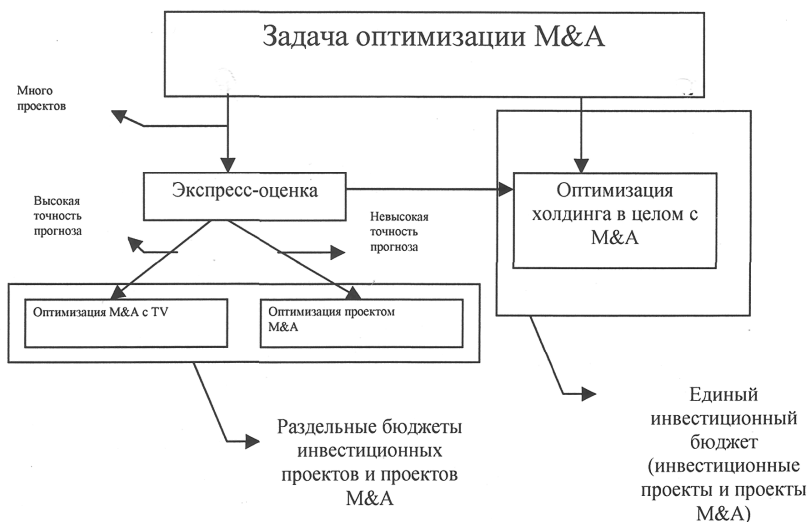
Оценка холдингов помогает определить, обладает ли компания большей ценностью, будучи соединением многочисленных бизнес -

единиц, или ее ценность могла бы возрасти, если бы эти единицы были обособлены в самостоятельные фирмы.

Задача формирования инвестиционной стратегии

При формировании инвестиционной стратегии развития должна быть обеспечена сбалансированность портфеля инвестиционных и проектов по слияниям и поглощениям, так как конечный экономический результат компании определяется не эффективностью отдельных проектов, а общим вкладом проектов в рост стоимости компании. Проект понимается в широком смысле как некоторый план действий, направленный на достижение заданной цели, характеризующийся определенными финансовыми и материальными затратами и получаемыми от его реализации результатами, распределенными во времени.

Задачи инвестиционной стратегии по управлению проектами по слияниям и поглощениям и их роль в управлении холдингом представлены на рисунке.



Задача оптимизации М&А

Задачи формирования портфеля проектов могут быть интерпретированы как задачи математического программирования и состоят в

следующем. Задано некоторое постоянно пополняющееся множество проектов (инициатив), число элементов этого множества превышает число проектов, которые могут быть реализованы. Задача руководителя (владельца бизнеса) состоит в выборе состава проектов и выстраивании такой стратегии управления ими, которая максимизирует рыночную стоимость принадлежащего ему бизнеса. При включении в портфель проектов по слияниям и поглощениям, необходимо учитывать возникающие при этом источники синергии и издержки приобретения.

Заключение

Управление стоимостью включает методы и инструментарий ее измерения, а также методы анализа и выбора стратегических решений, направленных на увеличение стоимости.

В данной работе была решена задача разработки методов и подходов к стратегическому управлению холдингом с учетом проектов по слияниям и поглощениям.

Список литературы

1. Инвестиционно-финансовый портфель / Общ. ред. Н.Я. Петракова. - М.: Соминтек. 2005.
2. Уильям Ф.Шарп, Гордон Дж. Александер, Джеффри В. Бейли. Инвестиции. – М., 2010.
3. Севриновский В.Д. Методика формирования инвестиционного портфеля с использованием факторного и кластерного анализа. – М., 1998.
4. Рухлов Алексей. Принципы портфельного инвестирования. - Финансы. Ценные бумаги. - 1997.
5. Экономический анализ слияний/поглощений: научное издание / Д. А Ендовицкий, В. Е. Соболева. – М.: Кнорус, 2010. – 446 с.
6. Феррис К. Оценка стоимости компании: как избежать ошибок при приобретении / К. Феррис, Б. Пешеро Пети. М.; СПб.; Киев: Вильямс, 2005.
7. Галпин Т. Дж. Полное руководство по слияниям и поглощениям компаний: методы и процедуры интеграции на всех уровнях организационной иерархии/Т. Дж. Галпин, М. Хэндон. М.; СПб.; Киев: Вильямс, 2005.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗАХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

А.Л. Арутюнов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
г. Москва, РФ, arsenrea@mail.ru

Введение

Отраслевые сектора национальной экономики можно рассматривать как сложные динамические системы, информация о динамике которых известны частично или не известны. Основная информация о таких экономических системах содержится в одномерных временных рядах экономических показателей с некоторым временным интервалом или шагом дискретизации (в данной статье будут рассмотрены статистические показатели экономической деятельности АПК России с временным интервалом равным году) которые в дальнейшем будем называть просто временными рядами (ВР).

Для количественного прогноза экономических показателей необходимо, в том или ином виде, сформировать модель динамической системы. В простейшем случае – по ее одномерной реализации. В терминах нелинейной динамики задача формирования математической модели известна как задача реконструкции динамической системы. Проблема реконструкции динамических систем относится к классу обратных задач, а такие задачи, как правило, не имеют однозначного решения.

Поэтому проблема прогнозирования ВР также не имеет однозначного решения. Это означает, что при известных ошибках измерения исходных показателей, определить однозначно ошибку прогноза невозможно. При стохастическом подходе данные проблемы остаются, но только формулируются в других терминах. А достоверность или надежность прогноза связана с тремя факторами: адекватностью модели системы текущим экономическим реалиям, точностью определения характерных параметров модели и принципиальными неопределенностями, возникающими в ходе формирования прогноза.

Иногда ошибку прогноза можно оценить, если изначально задать максимальный интервал погрешностей измерения исходных уровней ВР. Тогда характерные параметры модели расположены в некотором интервале значений и отсюда можно вычислить ошибку про-

гноза. Однако для коротких нестационарных рядов такой подход становится достаточно проблематичным по многим причинам.

Сделать прогноз более точным – означает учесть большее количество факторов, влияющих на заданный показатель, т.е. чем большее число факторов учитываем, тем точнее будет прогноз. Но некоторые исследования Нобелевского лауреата Клива Гранжера показали, что даже простые модели могут демонстрировать очень сложную динамику (детерминированный хаос в одномерных отображениях), прогноз которой из-за конечной точности измерения начальных данных и параметров модели не возможен.

Для важных экономических показателей эффективным способом их анализа и прогноза представляется формирование нескольких типов прогнозов (в использовании нескольких методов прогноза), основанных на разных моделях динамики показателей. В случае прогноза экономических показателей методы моделирования должны корректироваться в соответствии с существенно меняющейся экономической картиной.

Например, некоторые методы, развитые для моделирования и прогноза квазистационарной экономической динамики становятся мало пригодными при анализе существенно нестационарных процессов. Причем усложнение моделей не гарантирует повышение точности прогнозов. Поэтому возникает вопрос: как моделировать и прогнозировать нестационарное поведение одномерных ВР?

А также, к примеру, в простых полиномиальных моделях возникает противоречие между точностью учета нелинейной динамики и устойчивостью прогноза. Чем точнее приближаются изменения показателя на интервале аппроксимации, тем сильнее погрешности измерения исходных данных влияют на экстраполяционные, прогнозные значения показателя. Действительно, если используются аппроксимационные полиномы первой или второй степени, то ошибки в исходных данных не могут изменить число экстремумов полинома. Тогда как для кубического полинома число экстремумов может меняться от нуля до двух. Появление новых особенностей ведет к неустойчивости прогноза. Однако в ряде важных случаев это противоречие можно обойти с помощью специального представления исходного временного ряда.

Реальная процедура разложения исходного ряда на составляющие основана на выделении циклических компонент ряда со всеми возможными для заданной длины ряда периодами. Основное отличие циклических компонент от периодических состоит в том, что они не инвариантны к временным сдвигам. Отсюда, циклическая компонента с заданным некоторым периодом допускает изменение своей формы от

периода к периоду и поэтому возможен ее компонентный прогноз в будущее. Для периодической компоненты возможен только тривиальный прогноз – трансляция стационарных циклов на прогнозный период.

После выделения всех циклических компонент из исходного ряда, остается «нециклическая» компонента, которую можно рассматривать как эволюционную динамику модели. В случае бесконечных периодических рядов, для которых возможно их корректное представление в виде ряда Фурье, эволюционной компоненте соответствует постоянная.

Помимо аналогий между предлагаемым представлением исходного ряда и вейвлет – преобразованиями, существуют значительные отличия. Циклические компоненты выделяются на основе вариационных (оптимизационных) принципов и для каждого ряда имеют свою, уникальную форму. В общем случае они не ортогональны. Поэтому представление исходного ряда в виде циклических и эволюционной компонент более экономно с точки зрения численных процедур. Такой подход имеет тесную связь с алгоритмами сжатия графической информации на основе вейвлет-преобразования.

Допущение о возможности изменения формы отдельных циклов от периода к периоду позволяет выделить линейную или квадратичную часть их динамики и на ее основе построить экстраполяцию отдельной циклической компоненты. В сумме экстраполированные части циклических компонент прогнозируют нестационарную и нелинейную динамику исходных показателей. Причем по степени отклонения изменений циклов от линейного закона можно оценить ошибку экстраполяции.

Целью настоящей работы является изложение нескольких различных способов, в том числе и аналитических подходов к анализу и прогнозированию макроэкономических временных рядов с помощью дискретного вейвлет преобразования (для стационарных временных рядов) при использовании модели авторегрессии, а также методов стохастической оптимизации (момента «марковской остановки») с определением оптимальных «моментов остановки». И получения при помощи изложенных методов комбинированных значений прогнозных оценок финансово-экономической деятельности сельскохозяйственных организаций (СХО) в структуре АПК России до 2030 года.

Схему прогноза показателя можно представить следующим образом:

§ исходный ряд сезонно корректируется и выделяется тренд;

§ определяется спектр мощности циклов со всеми периодами, которые могут иметь место при заданной длине ряда, и выделяются «значимые» циклические компоненты (по локальным экстремумам);

§ исходный ряд «очищается» от «значимых» циклических компонент и выделяется эволюционная компонента;

§ осуществляется линейная экстраполяция всех выделенных компонент и они суммируются.

Прогнозирование временного ряда с помощью дискретного вейвлет преобразования (технология SDWT)

Согласно эконометрическим методам, прогнозирование макро и – микроэкономических временных рядов разделяют на две группы. К первой группе относятся методы, основанные на авторегрессионной модели временных рядов, а ко второй – на экспоненциальном сглаживании. Обе группы методов имеют ограниченную применимость, которая становится критической при существенно нестационарной экономике [1]. Основным и главным фактором при анализе макроэкономических временных рядов является *природа генезиса наблюдений*, образующих временной ряд, т.е. речь идет о структуре и классификации основных факторов, под воздействием которых формируются значения элементов временного ряда. Обычно выделяют 4 типа таких факторов [2]:

- Долговременные, формирующие общую тенденцию в изменении анализируемого признака. Данную функцию называют *функцией тренда*.

- Сезонные, формирующие периодически повторяющиеся в определенные промежутки времени колебания анализируемого признака.

- Циклические (конъюнктурные), формирующие изменения анализируемого признака, обусловленные действием долговременных циклов.

- Случайные (нерегулярные), не поддающиеся учету и регистрации. Их воздействие на формирование значений временного ряда обуславливает стохастическую природу элементов.

В эконометрике, принято считать, что при прогнозировании экономических временных рядов, данный ряд следует представить в виде суммы составляющих – тренда, сезонных колебаний и «белого» шума [3]. Главный фактор любого экономического процесса – её эволюция во времени. Тем самым, частота сезонных колебаний также зависит от времени. Поэтому, применение стандартных приемов из «гауссовской статистики» - метод наименьших квадратов, модели ARIMA или APCC (т.е. авторегрессионные модели со скользящими средними в остатках) [4] и т.п. при прогнозировании временных рядов, часто не дают искомым адекватных результатов из-за постоянно рас-

тушей ошибки прогноза (e_t) при увеличении либо генеральной совокупности ($N \rightarrow \infty$) либо периода прогноза. Таким образом, перед тем как применять стандартные методы прогнозирования, необходима обработка значения исходного временного ряда для того, чтобы «фиксировать» возникающие периодические изменения со временем характеристик составляющего ряда. Поэтому в данной работе предлагается использовать метод - (SDWT) stationary discrete wavelet transform (стационарного дискретного вейвлет преобразования для стационарных временных рядов) [5]. При помощи технологии SDWT временной ряд разделяется на компоненты (кластеры), каждый из которых содержит информацию об определенных составляющих временного ряда и изменении характеристик этих составляющих. Далее по каждой компоненте делается прогноз (в принципе, на этом этапе применяются и стандартные методы прогнозов, но только, чтобы выбранный метод был подходящим для данной решаемой задачи). Затем подсчитывается обратная «задача» SDWT и таким образом, получается прогноз будущих значений исходного временного ряда.

Рассмотрим некоторые свойства и основное определение SDWT – технологии.

Пусть $C = \{c_n\}$ и $D = \{d_n\}$ - масштабный и вейвлет фильтры (в физических науках эти фильтры делятся на низкие и высокочастотные). При действии C фильтра на последовательность $x = \{\dots, x_{-1}, x_0, x_1, \dots\}$, то получается последовательность с элементами $(Cx)_n = \sum_k c_{k-n} x_k$. Если x – конечная последовательность, то её необходимо продолжить периодически. Пусть Ω - оператор, который добавляет в последовательность нули, т.е. для всех целых n $(\Omega x)_{2n} = x_n$ и $(\Omega x)_{2n+1} = 0$. Далее определим фильтры $C^r = \Omega^r c$ и $D^r = \Omega^r d$. Пусть $y = \{y_n, n = 1, 2, 3, \dots, M\}$ - временной ряд с расстоянием между отсчетами равным t_s , т.е. частота дискретизации составит $f_s = \frac{1}{t_s}$ (в физике данная частота выражена в

Гц). Далее фиксируем некое целое $J : J \geq 1, 2^J \leq M$ и положим $b^J = y$. Для $j \in \{J-1, J-2, \dots, 0\}$ определим векторы коэффициентов $b^j = C^{(J-j-1)} b^{j+1}$ и $a^j = D^{(J-j-1)} b^{j+1}$. Векторы b^j и a^j имеют ту же длину, что и вектор y . Квадрат вейвлет коэффициента a_n^j характеризует, сколько энергии временного ряда приходится на

отрезок частот $\Delta f_j = \left[\frac{f_s}{2^{J-j-1}}; \frac{f_s}{2^{J-j}} \right]$ (частоты выражены в Гц) в момент времени $t \approx n \cdot t_s$, а квадрат масштабного коэффициента b_n^j характеризует, сколько энергии временного ряда приходится на отрезок частот $\left[0; \frac{f_s}{2^{J-j+1}} \right]$ в момент времени $t \approx n \cdot t_s$. Временной ряд у можно воссоздать по векторам коэффициентов $a^{J-1}, a^{J-2}, \dots, a^0, b^0$ при помощи обратного SDWT. Как раз векторы $a^{J-1}, a^{J-2}, \dots, a^0, b^0$ являются теми компонентами, которые могут быть использованы для построения прогноза. Допустим, что во временном ряду присутствует гармоника S с частотой f_n , зависящей от времени, причем при $1 \leq n \leq \frac{M}{2}$ следует, что $f_n \in \Delta f_{j_1}$, а при $\frac{M}{2} < n < M$ $f_n \in \Delta f_{j_2}$ ($j_1 \neq j_2$). В этом случае, информация о гармонике S при $1 \leq n \leq \frac{M}{2}$ будет содержаться в коэффициентах $a_n^{j_1}$, а при $\frac{M}{2} < n < M$ - в коэффициентах $a_n^{j_2}$. Далее используем модель ARIMA.

Реализация модели ARIMA

Пакет модулей прикладной программы *Statgraphics Plus*^{*} для операционных систем Windows и Unix является многоплановым инструментом проведения разнообразных процедур оценки и прогнозирования статистической информации, включая временные ряды. *Statgraphics Plus* позволяет легко осуществлять необходимые процедуры обработки данных в различных модулях типа: *Simple Regression* (простая регрессия), *Polynomial Regression* (полиномиальная регрессия) *Multiple Regression* (множественная регрессия) и т.д. Для получения долгосрочных прогнозных оценок воспользуемся функцией *-Forecasting* (прогнозирование).

^{*}Примечание: программный продукт Statgraphics Plus применялся автором для получения расчетных данных по моделям, примененных для получения долгосрочных прогнозных оценок показателей развития АПК РФ и упоминание программы в данной статье не является рекламой

При прогнозировании воспользуемся моделью ARIMA (Auto regression Integrated Moving Average) являющейся наиболее сложной моделью адаптивного типа, позволяющей учесть как трендовую компоненту, так и сезонные факторы. Модель имеет 4 основных и 2 дополнительных параметра. К основным параметрам относят: AR(i) – несезонный авторегрессионный параметр i -го порядка;

MA(i) – несезонный параметр скользящего среднего значения i -го порядка;

SAR(i) – сезонный авторегрессионный параметр i -го порядка;

SMA(i) – параметр сезонного скользящего среднего i -го порядка.

Дополнительные параметры связаны с предварительным разностным дифференцированием ряда. Это порядки несезонного и сезонного дифференцирования.

Процесс авторегрессии (AR) n -го порядка

$$y_t = \sum_{i=1}^n f_i y_{t-i} + e_t$$

Процесс скользящего среднего (MA) n -го порядка

$$y_t = \sum_i^n q_i e_{t-i} + e_t.$$

где f_i и q_i - коэффициенты процессов AR и MA. Для прогнозирования шумового тренда («белого шума») целесообразно применить модель ARIMA.

А процесс прогнозирования временного ряда состоит из нескольких этапов:

1. Подсчитываем SDWT ряда y для целого $J : J \geq 1, L \geq 2^j$. Далее ряд делится на отдельные отрезки: $J_1 = [0; j_1), J_2 = [j_1; j_2), J_3 = [j_2; J)$.

2. Векторы коэффициентов b^o и a^j при $j \in J_1$ содержат информацию о тренде низкочастотных колебаниях временного ряда. Прогнозируем данный ряд с помощью модели Тейла-Вейджа (усложненная модель Хольта [6], учитывающая сезонность и аддитивный тренд и в отличие от модели Хольта-Уинтерса (здесь учитываются мультипликативный тренд и сезонность) аддитивно включает линейный тренд, что позволительно при решении некоторых задач) [7, 8].

3. Векторы коэффициентов a^j при $j \in J_2$ содержат информацию о сезонных колебаниях временного ряда, поэтому прогнозируем ряды с помощью тригонометрической регрессии.

4. Векторы коэффициентов a^j при $j \in J_3$ содержат информацию о шумовой составляющей временного ряда, поэтому прогнозируем данный ряд коэффициентов с помощью модели ARIMA (в программной среде *Statgraphics Plus*).

5. Собираем вместе все векторы коэффициентов a^j ($0 \leq j \leq J - 1$), b^j . Подсчитываем обратное SDWT, а полученный временной ряд и является искомым прогнозным значением.

Данный прием, по получению прогнозных оценок, наиболее эффективен (согласно закону больших чисел (теорема Чебышева) [9]) при большой выборке $N \rightarrow \infty$.

Метод стохастической оптимизации

Суть данного метода заключается в оптимизации выбора рационального момента «момента марковской остановки» [10] для принятия того или иного управляющего воздействия. Данный метод позволяет выбрать наиболее рациональную прогнозную оценку среди прочих.

$X = (X_t)_{0 \leq t \leq 1}$ последовательно наблюдаемый непрерывный процесс;

θ – (непредсказуемое) положение максимума

$$\left(X_q = \max_{0 \leq t \leq 1} X_t \right).$$

Наша задача состоит в нахождении максимального значения процесса X (или рационального / оптимального «момента остановки»).

Требуется, последовательно наблюдая процесс X , найти среди моментов $t = t(X)$ со значениями в $[0;1]$ (моменты остановки, или марковские моменты события $[t(X) \leq t]$ или $[t(X) > t]$ зависят лишь от «прошлых периодов» $\{X_{1,2,\dots} \leq t\}$, но не зависят от будущих периодов) такой момент $t^* = t^*(X)$, что $X_{t^*} \approx X_q$ или

$$t^* \approx q, \quad \text{т.е.} \quad \inf_t E|X_t - X_q|^2 = E|X_{t^*} - X_q|^2 \quad \text{или}$$

$$\inf_t E|t - q| = E|t^{**} - q|.$$

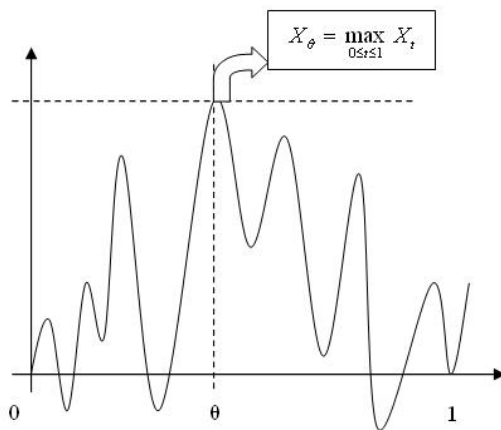


Рис. 1. Непрерывный случайный процесс

Требуется найти t таким образом, чтобы он был ближе к максимальному значению.

В случае, когда $X = B$ - стандартное броуновское движение,

$$t^* = \inf \left\{ t \leq 1; \max_{S \leq t} B_S - B_t \geq z^* \sqrt{1-t} \right\}$$

где z^* - корень уравнения $4\Phi(z^*) - 2z^*j(z^*) - 3 = 0$;

$$\text{с } j(z) = \frac{1}{\sqrt{2p}} e^{-\frac{z^2}{2}} \text{ и } \Phi(z) = \int_{-x}^z j(x) dx \text{ [11].}$$

Уравнение имеет аналитическое и численное решение. Вкладом автора в развитии данной методики является нахождение графического решения данного уравнения при помощи геометрических методов построения, используя теоремы и аксиомы о сумме углов треугольника, взаимное расположение точки и прямой треугольника, взаимное расположение прямых, содержащих высоты треугольника, вычисления площадей вырожденного треугольника с одной, двумя или тремя несобственными вершинами в евклидовой геометрии и геометрии Лобачевского.

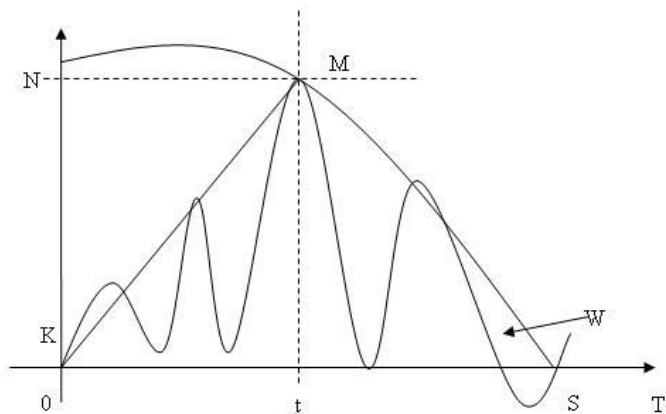


Рис. 2. Методика графического решения

Для решения уравнения $4\Phi(z^*) - 2z^*j(z^*) - 3 = 0$ достаточно вычислить длину ломаной (дуги) NS , используя инварианту Римана, рассмотреть прямоугольный треугольник KNM и вычислить KM . При этом W – некий винеровский процесс на временном интервале $[0;T]$. Искомая точка M , момент остановки на интервале $[0;T]$.

Список литературы

1. Губанов В.А. Оценка и прогноз конъюнктурных циклов в трендах экономических временных рядов // Научные труды Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: МаксПресс, 2006. С. 173.
2. Айвазян С.А. Основы эконометрики. Т.2. М.: ЮНИТИ, 2001.
3. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971.
4. Айвазян С.А. Основы эконометрики. Т.1. М.: ЮНИТИ, 2001.
5. Nason G.P., Silverman B.W. The stationary wavelet transform and some statistical applications. N.Y.: Springer, 1995. P.281-299.
6. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и Статистика, 2003.
7. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогнозирование и управление. М.: Мир, 1974.
8. Theil H., Wage S. Some observations on adaptive forecasting // Management Science. – 1964. Vol. 10.
9. Ширяев А.Н. Вероятность. М.: МГУ 1979. С. 57.

10. *Ширяев А.Н.* О мартингалных методах в задачах о пересечении границ броуновским движением. Выпуск 8. М.: МИАН, 2007.

11. *Арутюнов А.Л.* Прогнозирование экономических показателей с помощью броуновского движения // Сборник XXI Международных Плехановских чтений. М.: РЭА, 2008. С. 116.

ЕМ-АЛГОРИТМ С БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ КОМПОНЕНТ КАК СРЕДСТВО ПОСТРОЕНИЯ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ПЛОТНОСТИ

А.В. Батов¹, В.Ю. Королев², А.Ю. Корчагин³

¹ Учреждение Российской Академии Наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва, batov@ipu.ru

² Институт проблем информатики Российской академии наук, Россия, Москва, vkorolev@comtv.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, Москва, sasha.korchagin@gmail.com

Конечные смеси вероятностных законов находят самое широкое применение как модели распределения многих случайных величин, наблюдаемых на практике. Так, распределения приращений процессов эволюции финансовых индексов и процессов плазменной турбулентности хорошо описываются конечными сдвиг-масштабными смесями нормальных законов. При исследовании стохастической структуры хаотических информационных потоков в сложных телекоммуникационных сетях находят свое применения смеси гамма распределений.

Для решения задачи статистического оценивания параметров смесей (разделение смесей) целесообразно применять ЕМ-алгоритм (*Expectation-Maximization*) и его модификации. Различные модификации ЕМ-алгоритма имеют свои недостатки и преимущества, такие, как быстрдействие, устойчивость к начальным приближениям и т.д. (смотри [1]).

Если число компонент смеси $f^x = \sum_{i=1}^K p_i \psi_i(x; \theta_i)$ очень велико и сопоставимо с объемом выборки, то, даже если истинная плотность распределения отлична от f^x , результат действия ЕМ-алгоритма может быть использован как непараметрическая статистическая оценка плотности $f(x)$:

$$f(x) \approx \hat{f}(x) = \sum_{i=1}^k p_i \psi_i(x; t_i)$$

Например, с ядрами вида

$$\psi_i(x; t_i) = \frac{1}{\sigma_i} \phi\left(\frac{x-a_i}{\sigma_i}\right), x \in \mathcal{R},$$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\}, x \in \mathcal{R},$$

где $\phi(x)$ - плотность стандартного нормального распределения вероятностей, $t_i = (a_i, \sigma_i^2)$, $a_i \in \mathcal{R}, \sigma_i > 0, i = 1, \dots, k$.

Очевидным недостатком такого подхода является слишком продолжительное время вычислений вследствие большого числа оцениваемых параметров. Однако такой подход имеет неоспоримое преимущество: при применении классических ядерных оценок плотности на практике слабым местом является определение значения параметра гладкости оценок («ширины окна»), в то время, как при предлагаемом подходе параметр $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_k)$, регламентирующий гладкость оценки («ширину окна»), во-первых, не один (многомерен) и, во-вторых, не выбирается произвольно, но оценивается автоматически. Другими словами, получается гибкий адаптивный алгоритм построения оценки плотности.

Покажем результаты сравнения различных методов оценки плотности распределения сгенерированных случайных величин.

Здесь черным обозначена истинная плотность распределения, красным – результат работы градиентного сеточного метода разделения гамма смесей, зеленым – ядерная оценка плотности, серым – обычный EM-алгоритм. Как видно, применение сеточного градиентного метода дает более близкий результат, чем ядерные оценки плотности.

Выбор «правильного» метода оценивания плотности распределения является важным вопросом.

В целях демонстрации использования алгоритмов разделения смесей к реальным данным, на рисунках ниже представлены результаты применения обычного EM-алгоритма в режиме скользящего окна к данным индекса NIKKEI-225 за март 2011 года. Приведен график исходных данных (рис. 1), оцененных диффузионных (рис. 2) и динами-

ческих компонент (рис. 3) волатильности (СРС-метод описан в книге [1]).

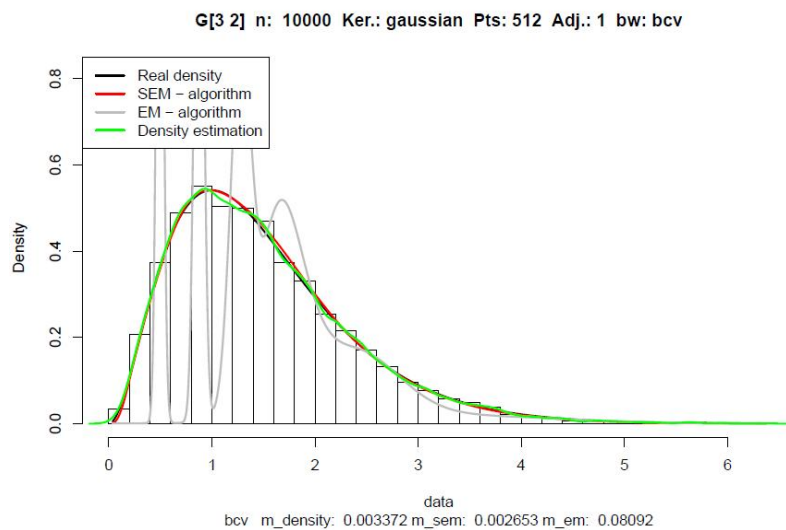
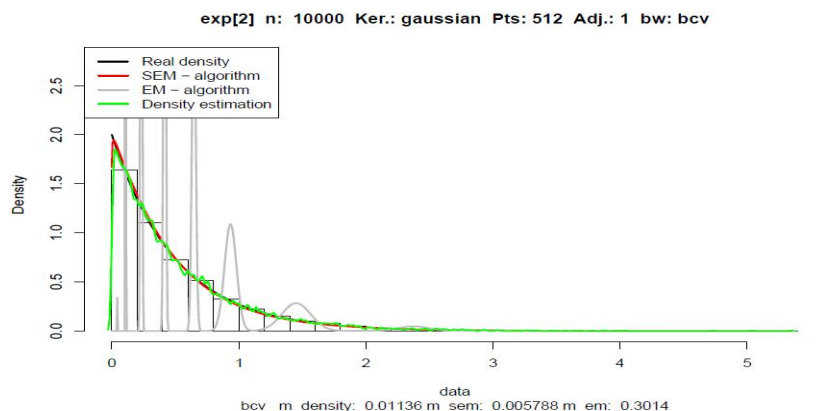


Рис. 1.

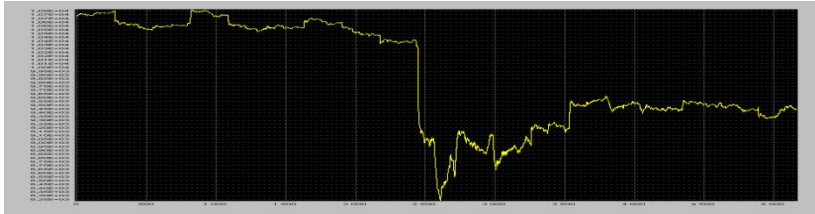


Рис. 2

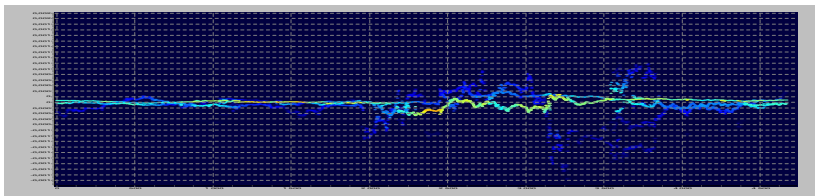
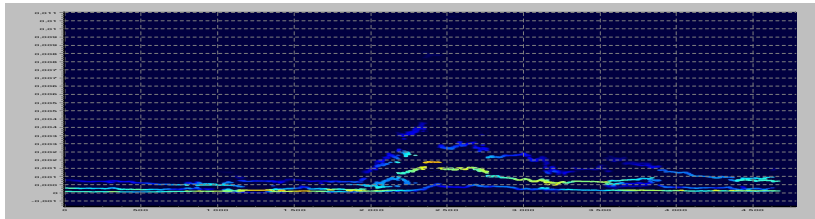


Рис. 3

Список литературы

1. Королёв В.Ю. Вероятностно-статистический анализ хаотических процессов с помощью смешанных Гауссовских моделей. Декомпозиция волатильности финансовых индексов и турбулентной плазмы. - М.: Изд-во ИПИ РАН, 2007.

2. Королёв В.Ю. EM-алгоритм, его модификации и их применение к задаче разделения смесей вероятностных распределений. Теоретический обзор. - М.: ИПИ РАН, 2007.

3. Назаров А.Л. Разделение смесей вероятностных распределений сеточным методом максимального правдоподобия при помощи алгоритма условного градиента, 2009, Сборник статей молодых ученых ВМК МГУ.

4. Королев В.Ю., Назаров А.Л. Разделение смесей вероятностных распределений при помощи сеточных методов моментов и максимального правдоподобия / Автоматика и телемеханика. - 2010. - № 3. - С. 98-116

ПОСТРОЕНИЕ АНСАМБЛЯ ТРАЕКТОРИЙ РОСТА РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Н.И. Вафин

КГТУ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, niyaz85@bk.ru

В данной работе рассматривается проблема управления урожайностью сельскохозяйственных культур на основе математического моделирования процесса роста в условиях неопределенности. Неопределенность заключается в неточно известных реализациях экологических факторов. К экологическим факторам относятся температура, влажность, ветер, состав почвы и т.д. Рассматривается интервальная неопределенность. Предложен алгоритм построения трубки (ансамбля траекторий) возможных вариантов развития растения при заданном разбросе параметров экологических факторов в каждый момент времени.

Существуют оптимальные уровни влажности и температуры воздуха, при которых достигается максимальный прирост зеленой массы. Диапазон изменения зеленой массы растения в значительной мере зависит от оптимальной, минимальной и максимальной влажности почвы и температуры воздуха. Функция, характеризующая поведение зеленой массы растения во времени, сверху ограничена кривой, построенной при оптимальных условиях, а снизу – кривой, построенной путем комбинации наихудших условий в каждый момент времени. Риски потери урожая переключаются на риски реализации исходных параметров из заданных интервалов. Применение предложенного математического аппарата позволяет решать задачу управления сельскохозяйственными рисками в условиях неопределенности экологических факторов.

1. Математическая модель изменения зеленой массы растения в зависимости от влажности почвы и температуры воздуха

На основе работ [1], [2] была построена математическая модель изменения зеленой массы растения в зависимости от влажности почвы и температуры воздуха.

Изменение зеленой массы во времени характеризуется уравнением (1.1):

$$\frac{dM(t)}{dt} = (1 - k_e) \cdot k_w(W) \cdot k_T(T) \cdot k_0 \cdot M(t), \quad M(t_0) = M_0, \quad t \in [t_0, \infty), \quad (1.1)$$

где t – время, $M(t)$ – количество зеленой массы растения на некоторой единичной площади, M_0 – количество зеленой массы в начальный момент времени t_0 , k_0 – коэффициент, показывающий влияние массы растения на ее прирост при оптимальных условиях роста, k_e – коэффициент, отражающий влияние прочих экологических факторов, k_w – коэффициент, отражающий влияние влажности почвы на прирост зеленой массы, k_T – коэффициент, отражающий влияние температуры воздуха на прирост зеленой массы. Коэффициенты $k_w(W)$ и $k_T(T)$ определяются выражениями (1.2), (1.3):

$$k_w(W) = -k_{w1} \cdot (W(t) - W_{\text{opt}})^2 + 1, \quad (1.2)$$

$$k_T(T) = -k_{T1} \cdot (T(t) - T_{\text{opt}})^2 + 1, \quad (1.3)$$

где $W(t)$ – влажность почвы, $T(t)$ – температура воздуха, W_{opt} – оптимальная влажность почвы, T_{opt} – оптимальная температура воздуха,

k_{w1}, k_{T1} – коэффициенты соответствующих парабол. Эти коэффициенты считаются постоянными на каждой стадии развития растения.

2. Постановка задачи построения интервала возможной урожайности в зависимости от погодных условий

Изменение зеленой массы растения во времени описывается системой уравнений (1.1) – (1.3). Предположим, что влажность почвы $W(t)$ задана в виде кусочно-постоянной функцией от времени, а для конкретной культуры известна оптимальная температура воздуха в каждый момент времени. Также известны минимальная и максимальная температуры воздуха в каждый момент времени, соответственно, $T_{\text{min}}(t)$ и $T_{\text{max}}(t)$, для данного района.

Предполагается, что оптимальная температура воздуха в рамках одного этапа роста растения считается постоянной.

Введем обозначение I для интервала возможных температур в каждый момент времени: $I = [T_{\text{min}}(t), T_{\text{max}}(t)]$.

Необходимо построить интервал возможной урожайности в момент сбора плодов, в зависимости от погодных условий. Для этого нужно найти возможный интервал количества зеленой массы в каждый момент времени, в зависимости от заданного интервала температуры. Для отображения интервала зеленой массы, необходимо построить

кривые, выше и ниже которых не может располагаться функция, отражающая поведение количества зеленой массы во времени, при заданных погодных условиях. Принадлежность количества зеленой массы построенному интервалу будет определяться точностью задания интервала температур. В конце периода роста растения интервалу зеленой массы ставится в соответствие интервал возможной урожайности исследуемой культуры.

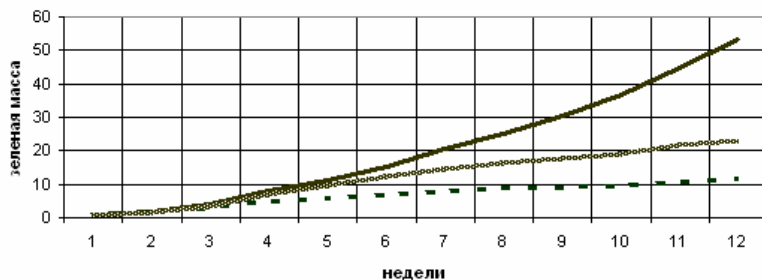
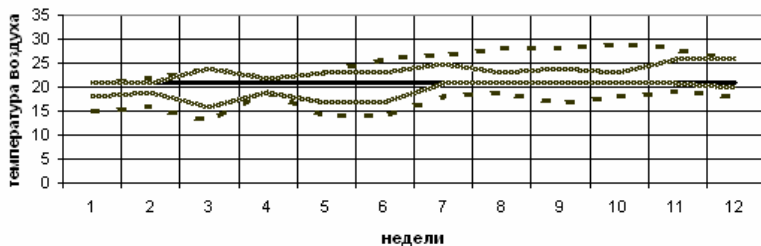
3. Алгоритмы построения ансамбля траекторий изменения зеленой массы растения, в зависимости от температуры воздуха

Ввиду того, что изменение зеленой массы квадратично зависит от температуры воздуха, функция, характеризующая изменение зеленой массы растения во времени, сверху ограничивается кривой, построенной при оптимальной температуре, а снизу – кривой, построенной при комбинации минимальной и максимальной температуры воздуха в данный период времени.

Это следует из того, что коэффициент $k_T(T)$ в уравнении (1.1), описывающий влияние температуры воздуха на изменение зеленой массы, имеет максимальное значение, равное 1, которое достигается только при оптимальном значении температуры воздуха $T_{opt}(t)$. Если значение температуры воздуха больше или меньше оптимальной температуры, то значение коэффициента $k_T(T)$ будет меньше 1, следовательно, рост зеленой массы будет меньше чем при оптимальных условиях.

На основе этого разработан алгоритм построения ансамбля траекторий развития растения в зависимости от различных вариантов реализации температуры воздуха. На рисунке приведен пример, иллюстрирующий построение ансамбля траекторий развития зеленой массы сельскохозяйственной культуры при двух вариантах изменения максимальной, минимальной и оптимальной температур воздуха в период вегетации растения.

Таким образом, в данной работе предложены алгоритмы построения ансамбля возможных траекторий роста растения при заданных уровнях неопределенности температуры воздуха. Эти алгоритмы позволяют на основе аналитических исследований определять возможный диапазон урожаев сельскохозяйственных культур при заданных интервальных неопределенностях погодных условий.



Изменение зеленой массы растения в зависимости от температуры при различных интервалах неопределенности

Список литературы

1. Вафин Н.И., Сиразетдинов Б.Р. Математическое моделирование динамики роста сельскохозяйственной культуры с учетом изменения влажности почвы // VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами». – Т. 1. – Ижевск, 2009. С. 81 – 88.
2. Вафин Н.И. Динамическое моделирование роста сельскохозяйственных культур на основе структурной схемы взаимодействия основных факторов // VII Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: Сб. трудов. – Т. 1. Пермь: ПГТУ, 2010. – С. 183-189.
3. Сиразетдинов Р.Т. Параметрический синтез управления летательными аппаратами в условиях неопределенности начальных условий и возмущающих воздействий.- Изв. вузов. Сер. "Авиационная техника". Казань: Изд. КАИ, 1986, № 3. С. 35-40.

КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОРРЕКЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕРЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ВЫБОРОК

Ю.А. Дорофеев

ИПУ РАН, Москва, Россия, dorofeyuk_julia@mail.ru

Ключевым инструментом для анализа экономического развития страны является мониторинг социально-экономических показателей в разрезе субъектов РФ. Главная проблема при решении данной задачи – фильтрация и коррекция собираемых статистических данных, особенно в случае малых нерепрезентативных выборок. В работе предложен новый метод сглаживания для малых выборок, позволяющий получать достаточно точные оценки, не уменьшая оперативность мониторинга. Он основан на использовании методов структурно-классификационного анализа данных [1,2].

1. Постановка задачи

В настоящее время по вопросам экономической активности (ЭА), занятости и безработицы ежемесячно опрашивается около 69 тыс. человек в возрасте 15-72 года (0,06% населения данного возраста). При проведении выборочных обследований населения по проблемам занятости применяется модель независимых месячных выборок в рамках года [3]. Для большинства регионов достоверно оценить ежемесячный уровень безработицы (УБ) по выборочным данным не удаётся. Результаты мониторинга нуждаются в коррекции (сглаживании).

Простейшим методом сглаживания является *метод скользящего среднего* (МСС) [4]. При его применении полученная выборка достаточно представительна, кривая довольно гладкая. Но для расчёта значения скользящего среднего за текущий месяц необходимы данные выборочного обследования за следующий месяц. Необходимо разработать такой метод сглаживания, который не имел бы этого недостатка.

2. Метод группировки регионов

Идея предлагаемого *метода группировки регионов* (МГР) состоит в объединении выборок в нескольких регионах, полученных в одном месяце, близких по динамике исследуемого показателя, в одну выборку для повышения надёжности оценки показателя. МГР описан как метод оценки УБ в i -м регионе в k -ом месяце (этот регион и месяц называются *расчётными*). Метод включает 4 этапа:

1. Производится сглаживание помесечных данных обследования, для чего используется МСС.

2. Формируется группа регионов, близких к расчётному, по динамике УБ; выборки вошедших в эту группу регионов объединяются. Полученная группа регионов рассматривается как один *виртуальный регион* (ВР), ассоциируемый с расчётным регионом;

3. На базе объединённой выборки ВР с помощью *процедуры масштабирования* находится искомая оценка УБ для расчётного региона по состоянию на расчётный месяц.

4. Производится сезонное сглаживание временного ряда оценок УБ, полученного на третьем этапе.

Алгоритм формирования виртуального региона. Для формирования ВР используются данные обследований за 14 месяцев (расчётный месяц и предыдущие 13 месяцев). Формирование указанной группы регионов производится с помощью адаптированного к рассматриваемой задаче *алгоритма эталонной автоматической классификации* динамических объектов [2]. На каждом шаге алгоритма в группу (ВР) добавляется регион, наиболее близкий (в описанном ниже смысле) к расчётному. Регионам присваиваются номера в том порядке, в котором они вводятся в ВР: расчётному региону присваивается номер 1 и т.д. Рассмотрим $(i+1)$ -й шаг алгоритма. К началу этого шага ВР включает i регионов и представлена следующей информацией:

а) Временной ряд значений скользящего среднего УБ в расчётном регионе за 12 месяцев, предшествующих расчётному месяцу $y_{cc}^1 = (y_{cc}^{1,1}, \dots, y_{cc}^{1,12})$. Месяцы нумеруются в порядке естественного хода времени. Далее этот временной ряд будем называть *эталон*ом.

б) Временной ряд значений числа безработных в ВР за 12 месяцев

$$n_{безр}^i = (n_{безр}^{i1}, \dots, n_{безр}^{i12}), \text{ где } n_{безр}^{ip} = \sum_{k=1}^i n_{безр,k}^p - \text{значение числа безработных в}$$

ВР в p -ом месяце, где $n_{безр,k}^p$ – значение числа безработных в p -ом месяце для k -го региона из этого ВР.

в) Временной ряд значений численности ЭА населения в ВР:

$$n_{за}^i = (n_{за}^{i1}, \dots, n_{за}^{i12}). \text{ Здесь } n_{за}^{ip} = \sum_{k=1}^i n_{за,k}^p - \text{значение численности ЭА насе-}$$

ления в ВР в p -м месяце, где $n_{за,k}^p$ – значение численности ЭА населения в p -м месяце для k -го региона из этого ВР.

г) Временной ряд значений УБ в ВР за 12 месяцев $y_{безр}^i = (y_{безр}^{i1}, \dots, y_{безр}^{i12})$,

$$\text{где } y_{безр}^{ip} = \frac{n_{безр}^{ip}}{n_{за}^{ip}}, \quad p = 1, \dots, 12.$$

д) Коэффициент корреляции между временным рядом значений УБ в сформированном к $(i+1)$ -му шагу ВР и эталоном $r_i = r(y_{\text{безр}}^i, y_{\text{cc}}^i)$.

На $(i+1)$ -м шаге алгоритма из всех ещё не вошедших в группу регионов выбирается такой k -й регион, добавление которого к группе доставляет максимум коэффициенту корреляции r_{i+1} : $r_{i+1}(k) = \max_j (r_{i+1}(j))$, где $r_{i+1}(j) = r(y_{\text{безр}}^{i+1}(j), y_{\text{cc}}^i)$, $y_{\text{безр}}^{i+1}(j)$ – временной ряд УБ в сформированном на $(i+1)$ -м шаге ВР в результате добавления к нему k -го региона. Если $r_{i+1} \geq r_i$ (коэффициент корреляции после включения в ВР выбранного k -го региона не уменьшился), то этот регион вводится в ВР, ему присваивается номер $(i+1)$ и алгоритм переходит к следующему шагу. Если $r_{i+1} < r_i$, то работа алгоритма заканчивается.

Процедура масштабирования. Хотя кривая УБ в ВР по форме почти не отличается от кривой скользящего среднего для расчётного региона, она обычно смещена относительно первой кривой и может отличаться также и масштабом. Это объясняется тем, что в качестве меры близости временных рядов используется значение коэффициента корреляции; смещение на константу и изменение масштаба не меняет его значения. Таким образом, в ВР могут включаться регионы, близкие к расчётному региону по характеру сезонных изменений УБ, но заметно отличающиеся по абсолютной величине этого показателя.

Цель процедуры масштабирования – с помощью линейного преобразования кривой УБ в группе так совместить её с кривой скользящего среднего для расчётного региона, чтобы сумма квадратов разностей между этими кривыми по всем месяцам была минимальной. Обозначим через $y_{\text{сп}} = (y_{\text{сп}}^1, \dots, y_{\text{сп}}^{12})$ – вектор значений УБ в ВР за 12 месяцев; $y_{\text{cc}} = (y_{\text{cc}}^1, \dots, y_{\text{cc}}^{12})$ – вектор значений скользящего среднего УБ для расчётного региона. Требуется найти такие константы b_0 и b_1 линейной регрессии y_{cc} на $y_{\text{сп}}$ чтобы выполнялось условие:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^{12} [y_{\text{cc}}^i - (b_1 y_{\text{сп}}^i + b_0)]^2 \rightarrow \min.$$

Эта задача решается с помощью стандартной процедуры метода наименьших квадратов.

Сезонное сглаживание. Производится сезонное сглаживание полученного на третьем этапе временного ряда УБ (выделение тренда и сезонной составляющей). Так как ежемесячные обследования безработицы проводятся с августа 2009 г. и к настоящему времени в наличии имеется только 16 точек временного ряда, то по крайней мере до

конца 2012 г., единственным надёжным способом сезонного сглаживания останется линейное сглаживание (нахождение линейного тренда). Поиск тренда в классе нелинейных функций требует намного более длинного временного ряда.

Пусть $y_{\text{беср}} = (y_{\text{беср}}^1, \dots, y_{\text{беср}}^{12})$ – временной ряд оценок УБ за прошедшие 12 месяцев, включая расчётный месяц. Тогда линейный тренд имеет вид $y_{\text{тр}} = (y_{\text{тр}}^1, \dots, y_{\text{тр}}^{12})$, где $y_{\text{тр}}^i = b_1 i + b_0$, i – номер месяца временного ряда, а коэффициенты b_1 и b_0 находятся с помощью стандартной процедуры линейной регрессии из условия: $\Delta u = \sum_{i=1}^{12} [y_{\text{беср}}^i - (b_1 i + b_0)]^2 \rightarrow \min$. Величина $y_{\text{тр}}^{12}$ принимается в качестве «трендового» значения, а величина $y_{\text{сез}}^{12} = y_{\text{беср}}^{12} - y_{\text{тр}}^{12}$ – в качестве сезонной составляющей УБ в расчётном месяце.

3. Результаты экспериментальных расчетов

Для проверки эффективности МГР были проведены расчёты оценок УБ за сентябрь 2010г. по всем регионам РФ и проведено сравнение этих оценок с оценками, полученными МСС. Получены следующие выводы:

1. Оценки УБ, полученные МСС и МГР, очень близки.
2. Ошибки МСС – это ошибки интерполяции. Ошибки МГР связаны с неоднородностью выборки. Факт, что при разных источниках ошибок результаты получаются практически одинаковые, означает, что каждый из этих методов дает достоверные оценки УБ.
3. МГР имеет решающее преимущество: он позволяет получать оценки УБ сразу же после получения данных выборочного обследования.

Список литературы

1. Бауман Е.В., Дорофеев А.А. Классификационный анализ данных // Труды Междунар. конф. по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. – С. 62-67.
2. Бауман Е.В., Дорофеев А.А., Дорофеев Ю.А. Методы динамического структурного анализа многомерных объектов // Четвертая междунар. конф. по проблемам управления (МКПУ-IV): Сб. трудов. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 338-343.
3. Дорофеев А.А., Дорофеев Ю.А., Лайкам К.Э., Чернявский А.Л. Методология структурно-классификационной коррекции квазистационарных временных рядов в задачах статистического и социаль-

но-экономического мониторинга. // Материалы Четвертой междунар. конф. MLSD'10. Том II. М.: ИПУ РАН, 2010.

4. Дж. Бокс, Г.Дженкинс. Анализ временных рядов // Прогноз и управление. – М.: Изд-во «Мир», 1974. - 406 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КЛАСТЕРЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ УСЛУГ СВЯЗИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Э.М. Сайфетдинова

КГТУ им. А.Н.Туполева, г. Казань, Россия, prinsise@yandex.ru

В данной работе основной целью исследования является изучение рынка производства услуг связи в Республике Татарстан на основе построения кластерной модели отрасли. Для построения структурной модели кластера использована модель типового экономического кластера [2]. Рассмотрены наиболее крупные предприятия отрасли, предоставляющие услуги связи на территории Республики Татарстан.

Общий вид предлагаемой модели кластера приведен на рисунке. Для построения структурной модели кластера принят процессный подход, когда во главу угла при описании системы ставятся процессы, протекающие в системе. Центральным блоком № 1 структурной модели кластера становится процесс производства услуг связи, куда были отнесены три наиболее крупных оператора, предоставляющие услуги телефонии, интернет и телевидения на территории Республики Татарстан.

В качестве входного к основному процессу включается процесс производства и поставки оборотных средств, материалов и комплектующих изделий (блок № 2). В этом блоке рассмотрены поставщики электроэнергии, кабельно-проводниковой продукции, радиоэлектронной и радиолокационной аппаратуры, программного обеспечения, причем предприятия рассматриваются независимо от их территориальной принадлежности [1]. Хотя, анализу поставщиков из Республики Татарстан следует уделить особое внимание, так как эти предприятия позволят сохранить устойчивость и экономическую безопасность кластера в рамках рассматриваемого региона. Блок №3 «Потребители» является выходным по отношению к основному производственному процессу. Потребители услуг связи в Республике Татарстан делятся на физических и юридических лиц. Взаимодействие блоков № 2 «Поставщики», № 1 «Производство» и № 3 «Потребители» создают производственную цепочку, которая, в свою очередь, и обеспечивает устой-

чивость кластера как системы производства услуг, но это лишь часть кластера.



Структурная модель кластера по производству услуг связи в Республике Татарстан

В состав блока № 4 «Производство средств производства» (см. рисунок) входят предприятия, выпускающие специализированное оборудование, средства связи, а также обеспечивающие строительство зданий и сооружений. Обеспечение конкурентоспособности и стабильности кластера невозможно без глубокого и детального изучения предприятий этого блока.

Одним из важнейших атрибутов экономического кластера является наличие предприятий, учреждений, организаций, обеспечивающих, или обслуживающих, основной процесс кластера – производства услуг связи. Блоки № 5, № 6 и № 7 (рис.1) оказывают прямое или косвенное влияние на формирование и функционирование кластера как системы, выявляя специфическую направленность и особенность отрасли связи. Наличие этих блоков дает полноту восприятия и ясность видения всех экономических и технических процессов, протекающих в

рамках кластера, и являются его отличительной чертой от отрасли экономики [1].

На межгосударственном уровне отрасль связи регламентирована в большей степени, чем иные отрасли. Во многих странах (в частности, в России) присутствует и ещё одна особенность – высокая степень монополизации услуг связи. Поэтому на ограничения, присущие отрасли связи, накладываются также ограничения антимонопольного законодательства (например, государственное регулирование тарифов). В Законе Республики Татарстан от 25.12.2010 №100-ЗРТ «О внесении изменений в Закон Республики Татарстан «Об информационных системах и информатизации Республики Татарстан», в частности, закреплено новое направление в государственной политике в области информатизации – создание в Республике Татарстан кластера в сфере информационных технологий. Путем формирования соответствующей законодательной базы Правительство Республики Татарстан и Российской Федерации, как орган исполнительной власти, Государственный Совет Республики Татарстан и Российской Федерации, как орган законодательной власти, осуществляют контроль, государственную поддержку и регулирование основного процесса кластера.

Итак, структурная модель кластера предоставления услуг связи в Республике Татарстан, изображенная на рисунке 1, состоит из пяти основных процессов: 1. Производство услуг связи; 2. Поставка оборотных средств; 3. Потребление услуг связи; 4. Производство средств производства; 5. Обслуживание основного процесса.

Рассмотрим обеспеченность населения Республики Татарстан основными услугами связи: 99,6% жителей обеспечены телефонной связью в квартирах и домах; уровень сотовой связи возрос до 150%; обеспеченность широкополосным доступом в Интернет 58 %; уровень теле- и радиовещания равен 100%. [3]. Общая телефонная плотность на 100 человек составляет 31,3 телефона. Для сравнения по Российской Федерации эта цифра составляет 32 телефона.

Рынок широкополосного доступа в Интернет в Республике Татарстан представлен лидирующими позициями трех наиболее крупных операторов связи: ОАО «Таттелеком» - 40,3 %, ЗАО «Компания ЭР-Телеком Холдинг» - 31,6 %, ОАО «ТРК «ТВТ» - 13,8 %, ООО «Телесет» - 7,9%, ИФК «Банкорп» - 2,2%, другие – 4,3 %. Уровень обеспеченности домохозяйств услугами широкополосного доступа в сеть Интернет года составляет 64,5% (по Российской Федерации этот показатель составляет 31%) [4,5,6].

Объем инвестиций в капитальные вложения отрасли информатизации и связи на территории Республики Татарстан

составил 4,88 млрд. рублей. Из бюджетов Российской Федерации и Республики Татарстан в капитальное строительство и развитие основных фондов отрасли инвестировано 1,5 млрд. руб., в том числе из средств республиканского бюджета 1,1 млрд. руб. и около 0,4 млрд. руб. из средств федерального бюджета. Основные вложения производились в 2010 году в развитие инфраструктуры связи (48%) и внедрение инфокоммуникационных технологий (44%) [3]. Приведенные данные подтверждают дальнейший рост объемов потребления услуг связи в 2011 году, которые приведут к росту затрат на закупку основных производственных фондов. Закупка основных средств производства проходит через блок № 4 «Производство средств производства» (рис.1). Предприятия этого блока территориально расположены не только в рамках кластера, но и за его пределами. Одна из задач кластера сохранение устойчивости работы системы, поэтому необходимо предусмотреть возможность резервной поставки материалов и оборудования от предприятий-производителей в рамках региона. На прогнозируемые темпы роста рынка потребления спрос предприятий на основные средства производства удовлетворен и рынок стабилен. Доля республиканского бюджета в общем объеме инвестиций в основные средства производства отрасли связи составила 23%. Большая доля инвестиций выделена на внедрение инфокоммуникационных технологий (2,13 млрд. руб. или 44%), что свидетельствует о постоянном совершенствовании процессов производства услуг связи и развитии новых направлений и услуг, предоставляемых в электронном виде.

Предложенная универсальная структурная модель является основой для построения динамической экономико-математической модели кластера услуг связи. Построенная модель позволяет решать различные задачи: обеспечение сбалансированности функционирования системы, определение направлений стратегического инвестирования, вопросы экономической безопасности и устойчивости кластера по производству услуг связи в целом.

Список литературы

1. Сиразетдинов Р.Т., Бражкина А.А. Универсальная структурная модель типового экономического кластера – Управление большими системами / Сб. трудов. Выпуск 29: М.: ИПУ РАН, 2010. – 244 с.
2. Портер М. Международная конкуренция. М.: Международные отношения, 1993. С. 53.
3. Постановление Коллегии Министерства информатизации и связи Республики Татарстан и доклад Министра «Об итогах работы

отрасли информатизации и связи Республики Татарстан в 2010 году и задачах на 2011 год», <http://mic.tatar.ru/rus/info.php?id=235021>

4. Годовой отчет ОАО «Таттелеком» за 2009 год <http://tattelecom.ru/files/10284/annualreporttattelecom.pdf>

5. Годовой отчет ОАО «ТРК «ТБТ» за 2009 год. <http://www.tbt.ru/godovye-otchety>

6. Презентации и Годовой отчет ЗАО «Эр-Телеком» за 2009 год. http://ertelecom.ru/webfm_send/1472.

МОДЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

А.М. Белоконь

МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

e-mail: belokon@nm.ru

Введение

Крупные предприятия в нашей стране создают основу ВВП, обеспечивают занятость населения и являются гарантом стабильности и развития нашей страны. К таким предприятиям относятся предприятия металлургической отрасли, машиностроения, энергетики, нефтегазовой отрасли. Исторически создание крупных предприятий оправдало себя во времена, когда существовала необходимость массовости производимой продукции, валового производства в крупных масштабах в целях индустриализации страны. В настоящее время эффективность деятельности крупных предприятий оставляет желать лучшего, в частности в связи со сложностями управления такими предприятиями.

Можно отметить следующие сложности управления предприятием как большой системой:

- многоуровневая система управления и принятия решений (уровень агрегата/участка/бригады, уровень цеха, уровень предприятия, уровень компании/корпорации). Соответственно принятие решение с точки зрения эффективности обеспечивается следующим образом: реализуется локальная эффективность, т.е. оптимальное управленческое решение принимается только на своем участке. В целом по предприятию отсутствует эффективное управление как единой системой. Таким образом, локальные задачи по повышению эффективности решаются, однако целостного подхода для решения задачи повышения эффективности предприятия в целом – нет;

- наличие конфликтующих целей при принятии решений на разных уровнях управления. Существуют конфликтующие цели, которые, как правило, представляются в форме следующих противоречивых требований: с одной стороны повышать эффективность (например, повышать надежность оборудования), с другой – снижать затраты;

- наличие в системе различных аспектов, которые необходимо учитывать: технологические факторы производства, финансовые, людские, временные.

Таким образом, возникает актуальная задача – повышение эффективности управления предприятия как большой системой.

Рассмотрим особенности предприятия как системы, с тем, что бы выявить пути построения такой модели управления предприятием, которая бы обеспечивала эффективное управление и принятие решений.

Промышленное предприятие как система характеризуется следующими особенностями:

- целенаправленность: предприятие как система функционирует для реализации поставленных целей – финансовых, производственных, социальных и др.;

- целостность и обособленность системы от окружающей среды: предприятие как систему окружают объекты окружающей среды - поставщики, потребители, акционеры, государство, НИИ, при этом предприятие взаимодействует с объектами окружающей среды как единое целое;

- сложность системы: невозможность понять функционирование системы «с наскока», одному специалисту, необходимость учитывать большое количество аспектов;

- структурированность: предприятие имеет организационную структуру, производственную структуру, функциональную и информационную;

- системность, алгоритмичность действий: предприятие имеет регламентированные бизнес-процессы деятельности, процедуры взаимодействия исполнителей в рамках бизнес-процессов;

- динамичность: предприятие функционирует во времени в изменяющейся среде.

Таким образом, с точки зрения системного подхода [2], предприятие представляет собой целеориентированный целостный центр действий, что соответствует современным подходам к управлению и принятию решений [1].

Если говорить про постановку задачи построения единой системы эффективного управления и принятия решений на промышленных предприятиях, то, прежде всего, необходимо сформулировать требования к модели управления, которая должна:

- отражать суть процесса управления на предприятии: любое управленческое решение должно быть подчинено какой-либо цели, при этом управленческое решение должно оцениваться на предмет, позволяет ли данное управленческое решение приблизиться к достижению поставленных стратегических целей предприятия;

- полностью охватывать весь управленческий цикл: учет процессов целеполагания и целеопределения, планирования, регламентации и организации, учета и контроля, анализа и принятия решений;

- охватывать все горизонты управления: стратегическое, тактическое и оперативное, и отражать соответствующие взаимосвязи между ними, т.е. то, что оперативное и тактическое управление и принятие решений должно быть направлено на достижение стратегических целей предприятия;

- отражать процессно-ориентированный взгляд на предприятие: охват всех бизнес-процессов предприятия – как основных производственных процессов по цепочке добавленной стоимости, начиная от приемки сырья и материалов и заканчивая сбытом готовой продукции, так и вспомогательных и обеспечивающих процессы – такие как, управление персоналом, финансовый менеджмент и др.;

- представлять всю иерархию управления и принятия решений: корпорация, предприятие, цех, участок, агрегат, при этом принципы управления, закладываемые моделью, должны быть одинаковыми для любого уровня иерархии, и позволять добавлять новые уровни управления, например – отрасль, межотраслевое управление;

- учитывать все объекты окружения предприятия: поставщиков сырья и материалов, конкурентов, потребителей готовой продукции, государство и др. по принципу – имеет ли объект окружения какое-либо влияние и информационное взаимодействие с предприятием;

- использовать и существующие концепции менеджмента с теми постановками проблем и вопросов, ради которых они создавались, например – Сбалансированная Система Показателей (BSC) – как связь стратегических и оперативных целей, реализация стратегии в мероприятиях, и др.;

- учитывать многомерность и многогранность понятия «управление» и учитывать все факторы управления – согласование, координация, оптимальность, эффективность, непрерывность, интегрированность и др., а также должно быть отражено комплексное понимание задач менеджмента в структурированном виде, без потери взгляда на связи множества влияющих факторов;

- отражать естественный процесс принятия управленческих решений: при принятии управленческих решений, как правило, существует конфликт целей, невозможность свести задачу оптимизации к одному критерию, нечеткость показателей, по которым принимаются управленческие решения, невозможность целиком заменить эксперта автоматизированной системой управления;

- отражать динамику процессов управления и принятия решений, т.е. отражать причинно-следственные связи между решениями, событиями и достигаемыми показателями;

- учитывать последующую ее реализацию в деятельности предприятия, и в том числе, реализацию в автоматизированных информационных системах управления, что является современным требованием – без использования автоматизированных систем управления не возможно построить систему эффективного управления и принятия решений.

Результатом построения модели управления, удовлетворяющей перечисленным выше требованиям, должны стать:

- измененный взгляд на управление и принятие решений;
- изменения в бизнес-процессах управления и принятия решений;
- разработанные методология, принципы, подходы и этапы использования модели и полученных результатов;
- функциональные требования к автоматизированной системе управления, обеспечивающей реализацию модели управления.

Основы построения модели управления

Предлагаемая в статье модель непрерывного интегрированного управления на базе системы поддержки принятия управленческих решений, основывается на следующих теориях и подходах:

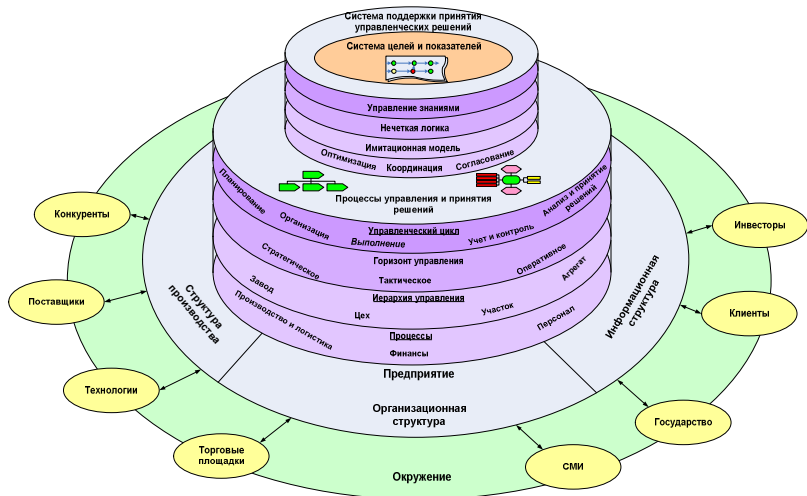
- теория автоматического управления, которая имеет развитые принципы управления объектами (принцип обратной связи, принцип компенсации возмущений);
- теория целеориентированного управления, которая является базой предлагаемой в статье модели управления [4, 5];
- программно-инструментальные средства и подходы; такие как имитационное моделирование, нечеткая логика, методы многомерного и интеллектуального анализа данных [6, 7];
- теория системного анализа, используя принципы и методы которой выполняется систематизация процессов управления предприятием как большой социально-экономической системой [2].

Модель непрерывного интегрированного управления

Предлагаемая модель управления предприятием как большой системой состоит из следующих «слоев» (см. рисунок):

- системы целей и показателей, выраженных через цепочку причинно-следственных связей между ключевыми показателями эффективности и являющейся ядром производственно-финансовой модели предприятия;
- системы поддержки принятия управленческих решений, включающей функции управления знаниями, имитационного моделирования, интеллектуального анализа данных;
- процессов управления и принятия решений, которые являются частью функциональной подсистемы предприятия;
- объектов окружающей среды, поведение которых выражается через набор ключевых показателей и причинно-следственных связей с ключевыми показателями деятельности предприятия.

Можно утверждать, что управление деятельностью предприятия представляет, прежде всего, целеориентированное управление, т.е. определение целей, планирование, организацию, реализацию плана, контроль и учет реализации, аналитику и принятие управленческих решений. Таким образом, предприятие представляет собой целеориентированный центр действий.



Концептуальное представление модели непрерывного интегрированного управления промышленным предприятием

Для реализации целеориентированных действий, необходимо понимание того, насколько каждое действие удовлетворяет достижению целей предприятия, т.е. фактически при принятии управленческих решений необходимо проверять, к каким значениям показателей достижения целей приведет реализация данного действия. Для этого необходимо иметь такую модель предприятия, которая бы позволяла это увидеть. Такая модель предприятия представляет собой производственно-финансовую модель предприятия, построенную на базе системы целей и показателей предприятия. «Пропуская» каждое управленческое решение через эту модель можно проверить, насколько данное управленческое решение приведет к достижению поставленных целей. Производственно-финансовая модель предприятия строится с использованием методов и алгоритмов, позволяющих математически описать причинно-следственные связи между целями и показателями.

Следующим шагом является формирование управленческих правил, используя суть экспертной системы, т.е. формирование правил «ЕСЛИ-ТО». Формирование базы правил, фактически принятых решений и достигнутых результатов, позволит в дальнейшем использовать эти экспертные знания при принятии других управленческих решений, а также выдавать перечень рекомендуемых управленческих решений.

Внедрение модели целеориентированного управления на предприятии

За основу этапов построения и внедрения модели целеориентированного управления взяты этапы внедрения BSC (Сбалансированной Системы Показателей Р. Каплана и Э. Нортонa [5]), используемые консалтинговой компанией Horvath [4]. Этапы были изменены и дополнены в целях решения поставленной задачи: использование производственно-финансовой модели предприятия как основы поддержки принятия оперативных управленческих решений, ориентированных на стратегию.

Процесс разработки и внедрения модели целеориентированного управления состоит из следующих этапов:

- 1 этап. Создание организационных условий для внедрения;
- 2 этап. Проведение стратегического анализа;
- 3 этап. Построение системы целей и показателей;
- 4 этап. Проектирование автоматизированной информационной системы поддержки принятия управленческих решений;
- 5 этап. Внедрение модели управления в деятельность предприятия;
- 6 этап. Развитие и расширение модели управления.

Заключение

Разработанный в ходе проведенного исследования подход к управлению и принятию решений позволит:

- постепенно совершенствовать процессы оперативного управления и принятия решений;
- прогнозировать показатели при принятии тех или иных управленческих решений;
- повысить оперативность принятия решений;
- обосновывать принимаемые решения в производстве;
- выстроить единую систему целей и показателей для реализации концепции целеориентированного управления;
- оптимизировать планирование и оперативное принятие решений;
- сохранить накопленный опыт руководителей в целях его дальнейшего использования.

Список литературы

1. Хан Д., Х. Хунгенберг. ПиК. Стоимостно-ориентированные концепции контроллинга: Пер. с нем. / Под ред. Л.Г. Головача, М.Л. Лукашевича и др. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 928 с.

2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высшая школа, 1989. – 360 с.
3. Г.Р. Нив. Пространство доктора Деминга. Принципы построения устойчивого бизнеса. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 376 с.
4. Horvath&Partners Внедрение сбалансированной системы показателей / Пер. с нем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 480 с.
5. Р. Каплан, Д. Нортон. Организация, ориентированная на стратегию. Как в новой бизнес-среде преуспевают организации, применяющие сбалансированную систему показателей. М.: Олимп-Бизнес, 2009. – 416 с.
6. Эккерсон У.У. Панели индикаторов как инструмент управления: ключевые показатели эффективности, мониторинг деятельности, оценка результатов Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 396 с.
7. Барсегян А., Куприянов М. Анализ данных и процессов. БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

ПОСТРОЕНИЕ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ РАЗДЕЛЕННЫХ ВЛИЯНИЙ ДЛЯ ИГРЫ С НЕСОГЛАСОВАННЫМИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯМИ

Н.А. Коргин, С.Г. Куливец

Институт проблем управления РАН, Москва, Россия,

nkorgin@ipu.ru, skulivec@ya.ru

Опишем теоретико-игровую модель взаимодействия агентов с несогласованными представлениями, формализованными в виде когнитивных карт

$$\Gamma_{C_i} = \{N, \{S_i\}_{i \in N}, \{f_i\}_{i \in N}, \{C_i\}_{i \in N}, T\}. \quad (1)$$

Здесь $N = \{1, \dots, n\}$ – множество агентов, S_i – множество стратегий агента i , f_i – функция полезности агента i , C_i – линейная когнитивная карта агента i (везде далее под когнитивной картой мы будем иметь в виду линейную когнитивную карту), T – момент времени для измерения результата управления. Когнитивная карта C_i представлена совокупностью факторов $M = \{1, \dots, m\}$, с их начальными значениями, заданными вектором $x(0) \in R^m$, и матрицей взаимного влияния факторов друг на друга $W^{(i)}$. Множество всех управляемых i -м агентом факторов обозначим M_i . Для любых двух агентов $i, j \in N$: $M_i \cap M_j = \emptyset$. Тогда множество стратегий i -го агента S_i можно представить как декартово произведение m_i отрезков:

$$S_i = [p_{k_1}^{\min}, p_{k_1}^{\max}] \times [p_{k_2}^{\min}, p_{k_2}^{\max}] \times \dots \times [p_{k_{m_i}}^{\min}, p_{k_{m_i}}^{\max}].$$

Каждый из отрезков ограничивает управляющие воздействия по соответствующему управляемому для агента i фактору в C_i . Стратегией i -го агента s_i будем считать вектор, состоящий из упорядоченных компонентов вектора $p(0)$ с номерами из множества $\{k_1, k_2, \dots, k_{m_i}\} = M_i$: $s_i = (p_{k_1}(0), p_{k_2}(0), \dots, p_{k_{m_i}}(0))$. После оказания воздействия каждым агентом на соответствующие факторы, задаваемое вектором $p(0)$, с точки зрения i -го агента будет иметь место автономный импульсный процесс [3] до момента времени T . Значения факторов в момент T с точки зрения агента i определяются по формуле:

$$\begin{aligned} x^{(i)}(T) &= x(0) + p(0) + p(0) \cdot W^{(i)} + \dots + p(0) (W^{(i)})^{T-1} = \\ &= x(0) + p(0) \cdot (E + W^{(i)} + \dots + (W^{(i)})^{T-1}) = x(0) + p(0) \cdot {}_T Q^{(i)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Функция полезности $f_i(x(T))$ для i -го агента задается на множестве значений всех факторов в момент T следующим образом

$$f_i(x^{(i)}(T)) = -(x_j^{(i)}(T) - x_{ij}^*)^2. \quad (3)$$

Здесь x_{ij}^* – желаемое i -м агентом значение для j -го фактора, который называется целевым; Подставляя (2) в (3) получим целевую функцию для i -го агента.

$$g_i(p(0)) = -(x_j(0) + \sum_{k \in M} {}_T q_{kj}^{(i)} \cdot p_k(0) - x_{ij}^*)^2 \quad (4)$$

В этом случае для поиска равновесия Нэша в чистых стратегиях можно воспользоваться системой уравнений [2]:

$$-2 \cdot {}_T q_{ij}^{(i)} \cdot (x_j(0) + \sum_{k \in M} {}_T q_{kj}^{(i)} \cdot p_k(0) - x_{ij}^*) = 0, \quad (5)$$

$$\forall i \in M_i, {}_T q_{ij}^{(i)} \neq 0, \forall i \in N.$$

Из [2] следует, что если решение системы уравнений (5) существует и принадлежит гиперкубу $S_1 \times \dots \times S_n$, то оно является равновесием Нэша в чистых стратегиях для игры (1). Кроме того, если точка равновесия Нэша в чистых стратегиях для игры (1) принадлежит внутренности гиперкуба $S_1 \times \dots \times S_n$, то она является решением системы уравнений (5). В этом равновесии каждый из агентов достигает своего максимально возможного выигрыша. Если ни одно из решений системы уравнений (5) не принадлежит гиперкубу $S_1 \times \dots \times S_n$, то точка равновесия Нэша в чистых стратегиях для модели с фиксированной целью управления, лежит на границе гиперкуба $S_1 \times \dots \times S_n$.

Определим порядок построения *когнитивной карты разделенных влияний* (ККРВ) C (с матрицей смежности W). Исходными данными являются когнитивные карты C_1, C_2, \dots, C_n (с матрицами смежности $W^{(1)}, W^{(2)}, \dots, W^{(n)}$), отражающие системы убеждений агентов в игре с несогласованными представлениями (1) с фиксированным моментом времени T . Процесс представлен тремя этапами.

1. Добавим в множество факторов когнитивной карты C те факторы, которые являются управляемыми в когнитивных картах всех агентов в игре (1): $\bigcup_{k \in N} M_k$. Эти факторы сохраняют свое свойство управляемости. Множество всех управляемых факторов обозначим U ($U \equiv \bigcup_{k \in N} U_k = \bigcup_{k \in N} M_k$, где $U_k \equiv M_k$ с сохранением нумерации факторов в $\bigcup_{k \in N} M_k$), и будем называть множеством управляемых факторов. Для любых двух агентов $i, j \in N$: $U_i \cap U_j = \emptyset$.

2. Выделим из множества факторов M такие факторы, которые являются целевыми факторами хотя бы для одного агента. Каждый из таких факторов продублируем столько раз в когнитивной карте C , какое количество агентов считают его для себя целевым. Сохраним в качестве целевого фактора за каждым из агентов ровно одну копию того фактора, который являлся для него целевым в исходной игре. Пусть x_j – целевой фактор в игре (1) для одного или нескольких агентов, тогда для обозначения каждой его копии в когнитивной карте C будем использовать нотацию $y_j^{(i)}$, где j – номер продублированного фактора в множестве факторов M , а i – номер агента, для которого полученная копия будет целевым фактором. В случае, если фактор являлся целевым лишь для одного агента, то добавляем его в C в единственном экземпляре. Для обозначения этого фактора для однообразия также будем использовать нотацию $y_j^{(i)}$, где j – номер целевого фактора в множестве факторов M , а i – номер агента, для которого этот фактор был целевым фактором в игре (1). Множество всех целевых факторов в когнитивной карте C обозначим G , и будем называть множеством целевых факторов. $G_i = \{y_j^{(i)}\}_j$ – множество целевых факторов для i -го агента. Для когнитивной карты C для любых двух агентов $i, j \in N$: $G_i \cap G_j = \emptyset$.

3. Построим дуги из множества факторов U в множество факторов G по следующему правилу. При фиксированных $i, j \in N$ (быть может, совпадающих) от управляемого фактора $x_k \in U_i$ к целевому фактору $y_l^{(j)} \in G_j$ идет дуга с весом равным элементу $\tau q_{kl}^{(i)}$ в матрице $\tau Q^{(i)}$.

Заметим, что граф построенной когнитивной карты C является взвешенным двудольным орграфом. В нем содержатся только управляемые U и целевые G факторы для всех агентов, и все дуги идут из вершин-факторов множества U в вершины-факторы множества G . Веса дуг содержат интегральные влияния факторов множества U на факторы множества G , так как они были взяты из соответствующих матриц $\tau Q^{(i)}$. Отметим, что в силу того, что орграф двудольный, то после воздействий в начальный момент времени $p(0)$ на управляемые факто-

ры значения всех факторов в когнитивной карте C уже после момента времени 1 не будут меняться.

Рассмотрим игру на когнитивной карте C [1]:

$$\Gamma_C = \{N, \{S_i\}_{i \in N}, \{h_i\}_{i \in N}, C\}. \quad (6)$$

При этом множество агентов N в игре (6) полностью совпадает с множеством агентов в игре (1). Если для каждого управляемого фактора из множества U сохранить ограничения на управляющие воздействия в виде отрезка допустимых значений, как в игре (1), то множество стратегий каждого агента в игре (6) и в игре (1) полностью совпадают. Начальные значения всех факторов в когнитивной карте C для игры (6) совпадают с начальными значениями соответствующих факторов в игре (1), так в частности имеет место равенство $y_j^{(i)}(0) = x_j(0)$ для всех целевых факторов в игре (6). Будем считать игры (1) и (6) эквивалентными, если множество равновесий Нэша в игре (1) совпадает с множеством равновесий Нэша в игре (6), при условии полного совпадения множеств агентов N , их стратегий и целевых функций. Тогда справедливо

Утверждение 1. Для любого набора когнитивных карт C_1, C_2, \dots, C_n несогласованных представлений существует единственная когнитивная карта разделенных влияний C такая, что игра (1) с несогласованными представлениями на C_1, C_2, \dots, C_n эквивалентна игре (6) на когнитивной карте C .

Преобразование игры (1) в игру (6) оказывается полезным при решении задачи поиска информационного управления осуществляемого одним из агентов [4].

Список литературы

1. НОВИКОВ Д.А. «Когнитивные игры»: линейная импульсная модель // Проблемы управления. – 2008. – № 3. – С. 14 – 22.
2. КУЛИВЕЦ С.Г. Моделирование конфликтных ситуаций с несогласованными представлениями у агентов на основе игр на линейных когнитивных картах // Проблемы управления. – 2010. - № 4. – С. 42 – 48.
3. РОБЕРТС Ф. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 325 с.
4. КУЛИВЕЦ С.Г., КОРГИН Н.А. Поиск информационного управления в игре на когнитивной карте разделенных влияний // Сборник трудов УБС-2011.

ПОИСК ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ИГРЕ НА КОГНИТИВНОЙ КАРТЕ РАЗДЕЛЕННЫХ ВЛИЯНИЙ

С.Г. Куливец, Н.А. Коргин

Институт проблем управления РАН, Москва, Россия,

skulivec@ya.ru, nkorgin@ipu.ru

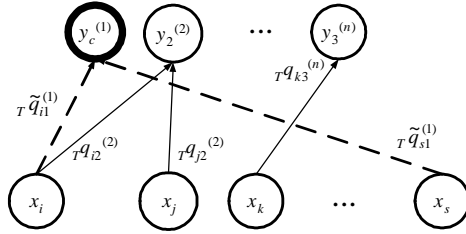
Рассмотрим игру на когнитивной карте разделенных влияний, описанную в [1]:

$$\Gamma_C = \{N, \{S_i\}_{i \in N}, \{h_i\}_{i \in N}, C\}. \quad (1)$$

Предположим, что общим знанием среди агентов в игре (1) являются функции полезности агентов и множества их стратегий, а также момент времени измерений результатов управления T . Первый агент в игре (1) знает оценки влияния управляемых факторов на целевой фактор $Tq_{1c}^{(i)}, \dots, Tq_{mc}^{(i)}$ для каждого агента, и может рассчитать равновесие Нэша в чистых стратегиях для игры (истинное равновесие). В случае, если это равновесие его не устраивает по причине низкого выигрыша, то он при определенных условиях имеет возможность осуществлять информационное управление остальными агентами для его увеличения. Параметрами информационного управления первым агентом остальными являются величины $T\tilde{q}_{1c}^{(1)}, \dots, T\tilde{q}_{mc}^{(1)}$. На рисунке целевой для первого агента фактор выделен жирной линией, а параметры, которыми он может манипулировать – пунктирной линией.

Первый агент, варьируя значения $T\hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, T\hat{q}_{mc}^{(1)}$, варьирует структуры информированности остальных агентов, а значит, изменяет рефлексивную игру [2].

Под *возможностью* информационного управления первым агентом будем подразумевать тот случай, когда первый агент может сообщением ложной информации о значениях параметров своей когнитивной карты $T\hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, T\hat{q}_{mc}^{(1)}$ изменить обстановку s_{-1} в новой равновесной ситуации.



Граф когнитивной карты для вспомогательной игры

В игре (1) для каждого агента исходя из его целевой функции можно записать уравнение гиперплоскости ему соответствующей.

$$L_i: \sum_{k \in M_i} T q_{kj}^{(i)} \cdot z_k + \sum_{k \in M \setminus M_i} T q_{kj}^{(i)} \cdot z_k = x_{ij}^* - x_j(0) \quad (2)$$

Можно заключить, что чем меньше расстояние от точки $p(0) \equiv (s_i, s_{-i})$ до гиперплоскости соответствующей i -му агенту (2), тем ситуация $p(0)$ лучше для i -го агента. Рассмотрим случай, когда для агента i соответствующая ему гиперплоскость (2) не имеет общих точек с внутренностью гиперкуба $S_1 \times \dots \times S_n$. Легко показать, что та часть координат точки гиперкуба с минимальным расстоянием до гиперплоскости (2), которая соответствует стратегиям из S_i , образуют множество доминантных стратегий i -го агента.

Утверждение 1. Информационное управление первым агентом возможно, если существует агент $i \neq 1$, такой, что для него $L_i \cap S_1 \times \dots \times S_n \neq \emptyset$.

Вопрос целесообразности применения информационного управления не менее важен, и он не исчерпывается определенной выше возможностью информационного управления. Если выполняется условие

$$\left(\bigcap_{i \in N} L_i \right) \cap S_1 \times \dots \times S_n \neq \emptyset,$$

то информационное управление неактуально. Под *актуальностью* информационного управления первым агентом подразумевается тот случай, когда информационное управление первым агентом возможно, и сообщение первым агентом ложной информации о значениях параметров $T \hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, T \hat{q}_{1m}^{(1)}$ позволяет ему увеличить свою полезность в сравнении с полезностью получаемой им, если он сообщит истинные оценки влияния управляемых факторов на целевой $T q_{1c}^{(1)}, \dots, T q_{1m}^{(1)}$.

Обозначим через N_d тех агентов, которые имеют в игре (1) доминантные стратегии. Сами доминантные стратегии этих агентов будем

обозначать $s_i^d = (p_{k_1}^d(0), p_{k_2}^d(0), \dots, p_{k_{m_i}}^d(0))$ $i \in N_d$. Запишем систему уравнений (3) для всех агентов из $N \setminus N_d$, подставляя значения соответствующие доминантным стратегиям для остальных агентов из N_d . Коэффициенты уравнения для первого агента ${}_T \hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, {}_T \hat{q}_{mc}^{(1)}$ являются искомыми параметрами для задачи.

$$\begin{aligned} \sum_{k \in M \setminus \{M_t\}, t \in N_d} {}_T \hat{q}_{kc}^{(1)} \cdot p_k + \sum_{k \in M_t, t \in N_d} {}_T \hat{q}_{kc}^{(1)} \cdot p_k^d &= x_{1c}^* - x_c(0) \\ \sum_{k \in M \setminus \{M_t\}, t \in N_d} {}_T q_{kj}^{(i)} \cdot p_k + \sum_{k \in M_t, t \in N_d} {}_T q_{kj}^{(i)} \cdot p_k^d &= x_{ij}^* - x_j(0), \\ \forall i \in N \setminus (N_d \cup \{1\}), j = j(i) & \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь c – номер целевого фактора для первого агента. Выпишем из (3) выражения для p_k в виде параметрической зависимости от ${}_T \hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, {}_T \hat{q}_{mc}^{(1)}$: $\hat{p}_k = p_k({}_T \hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, {}_T \hat{q}_{mc}^{(1)}, \{\hat{p}_l\}_{l=1}^{m-n})$, $k \in M \setminus \{M_t\}$, $t \in N_d$. В записи параметрической зависимости \hat{p}_k от ${}_T \hat{q}_{1c}^{(1)}, \dots, {}_T \hat{q}_{mc}^{(1)}$ возникает совокупность переменных $\{\hat{p}_l\}_{l=1}^{m-n}$ в том случае если $m > n$. Полученные выражения для \hat{p}_k из системы (3) подставляем в выражение для целевой функции первого агента и решаем задачу оптимизации с ограничениями в виде неравенств:

$$\min_{\left\{ {}_T \hat{q}_{jc}^{(1)} \right\}_{j=1}^m, \left\{ \hat{p}_l \right\}_{l=1}^{m-n}} \left(x_c(0) - x_{1c}^* + \sum_{\substack{k \in M \setminus \{M_t\}, \\ t \in N \setminus (N_d \cup \{1\})}} {}_T q_{kc}^{(1)} \cdot \hat{p}_k + \sum_{\substack{k \in M_t, \\ t \in N_d}} {}_T q_{kc}^{(1)} \cdot p_k^d + \sum_{k \in M_1} {}_T q_{kc}^{(1)} \cdot b p_k \right)^2$$

$$p_k^{\min} \leq \hat{p}_k \leq p_k^{\max}, \quad k \in M \setminus \{M_t\}, t \in N_d \setminus \{1\}.$$

Здесь $b p_k = BR_1(\{\hat{p}_k\}_{k \in M \setminus \{M_t\}, t \in N \setminus (N_d \cup \{1\})}, \{p_k^d\}_{k \in M_t, t \in N_d})$. Приемлемое допустимое решение этой задачи при относительно небольшом количестве ограничений в виде неравенств может быть найдено, например, с помощью обобщенного метода множителей Лагранжа [3].

Список литературы

1. Коргин Н.А., Куливец С.Г. Построение когнитивной карты разделенных влияний для игры с несогласованными представлениями // Сборник трудов УБС-2011.

2. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. – М.: СИНТЕГ, 2003. – 160 с.

3. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ РЫНКОВ

Е. А. Макарова, А. Н. Павлова

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, РФ, pavlova.ugatu@gmail.com*

В современных условиях становления рыночной экономики в России актуальной становится проблема повышения эффективности управления макроэкономической системой (МЭС), которая функционирует с учетом рыночных регулирующих механизмов в условиях неопределенности и риска и обладает ограниченными ресурсами. Решение данной проблемы тесно связано с необходимостью анализа и моделирования неравновесных процессов функционирования МЭС в условиях взаимодействия макроэкономических рынков с учетом сбалансированности финансовых потоков расходов и доходов секторов экономики [1].

Одним из подходов, положенных в основу анализа и моделирования процесса функционирования макроэкономической системы в рыночных условиях является когнитивный подход, позволяющий выделить назначение и основные функциональные особенности каждого элемента МЭС.

При построении когнитивной модели функционирования МЭС в рыночных условиях в качестве концептов выделены четыре макроэкономических агента (МЭА) – сектора экономики: фирмы (реальный сектор); домашние хозяйства; финансовые учреждения; государственные учреждения; а также три макроэкономических рынка: благ, труда и денег [2].

Рассматриваемые МЭА выполняют следующие функциональные процессы: реальный сектор выполняет процесс производства валового внутреннего продукта; сектор домохозяйств выполняет процессы потребления полученных доходов и сбережения непотребленной части дохода; сектор финансовых учреждений реализует процесс формирования инвестиционных вложений; сектор государственных учреждений выполняет процессы формирования доходов государственного бюджета на основе налоговых и неналоговых поступлений от реально-

го сектора и от сектора домохозяйств, а также формирования расходов в виде государственных закупок.

Выделение макроэкономических рынков в качестве концептов основано на положениях кейнсианской теории. Анализ рынка благ считается основополагающим, поскольку его функционирование соответствует этапу обмена в воспроизводственном процессе; среди возможных видов рынков ресурсов наиболее важным с позиций динамики основных макроэкономических показателей считается рынок труда; а среди финансовых рынков целесообразным считается анализ рынка денег, на котором формируется ставка процента как важнейший индикатор динамики экономической конъюнктуры.

Функционирование рынка благ в МЭС и его включение в когнитивную модель основано на следующих положениях.

1. Рынок благ – макроэкономический рынок, построенный путем агрегирования микроэкономических рынков разнообразных товаров и услуг с целью выделения наиболее важных закономерностей взаимодействия совокупного спроса и совокупного предложения, а также формирования уровня цен.

2. Совокупный спрос – это расходы, которые владельцы факторов производства желают и могут понести для приобретения товаров при каждом из возможных уровней цен при прочих равных условиях в течение некоторого периода времени. Следовательно, совокупный спрос является, во-первых, потоковой величиной, а, во-вторых, представляет собой желаемый темп формирования финансового потока в виде совокупных расходов владельцев факторов производства.

3. Совокупное предложение – это выраженное в рыночной стоимости количество конечных благ, которые реальный сектор желает и может предложить к реализации на рынке благ при каждом из возможных уровней цен при прочих равных условиях в течение некоторого периода времени. Следовательно, совокупное предложение является, во-первых, потоковой величиной, и, во-вторых, представляет собой желаемый темп формирования материального потока.

4. Рассматриваемые функции рынка благ состоят, во-первых, в обеспечении взаимодействия совокупного спроса и совокупного предложения и в формировании по результатам этого взаимодействия информационного регулирующего фактора в виде текущего уровня цен; во-вторых, в формировании выходных потоков удовлетворенного совокупного спроса и реализованного совокупного предложения.

Процесс включения рынка труда в когнитивную модель основывается на следующих положениях.

1. Рынок труда – макроэкономический рынок, построенный путем агрегирования микроэкономических рынков труда с целью выделения наиболее важных закономерностей взаимодействия спроса на труд, предложения труда и формирования ставки заработной платы.

2. Спрос на труд – это количество трудовых ресурсов, которые могут быть наняты для производства валового продукта при каждой возможной цене труда (ставке заработной платы) при прочих равных условиях [1]. Спрос на труд по своей природе является запасом и определяется стоимостью предельного продукта труда.

3. Предложение труда – это количество трудовых ресурсов, которые желают участвовать в производстве валового продукта при каждой возможной цене труда при прочих равных условиях. Предложение труда также является по природе своей запасом.

4. Рынок труда характеризуется отсутствием сил, обеспечивающих выравнивание спроса на труд и предложения труда., поэтому на рынке труда устанавливается состояние устойчивого неравновесия. В реальности, как правило, имеют место ситуации превышения предложения труда над спросом. Разность между указанными величинами, выраженная в процентах по отношению к численности экономически активного населения, определяет уровень безработицы [1]. Таким образом, неравновесные состояния рынка труда, характеризующиеся наличием безработицы, являются стабильными и соответствуют состоянию «квазиравновесия», которое не мешает движению к равновесию и восстановлению равновесия на других макроэкономических рынках.

Включение рынка денег в когнитивную модель макроэкономического кругооборота основано на положениях.

1. Рынок денег – это рынок, на котором осуществляется купля и продажа денег как специфического товара, формируются спрос на деньги, предложение денег и цена в виде ставки процента. Роль и функции денежного рынка заключаются в обслуживании движения оборотного капитала фирм, краткосрочных ресурсов банков, учреждений, государства и частных лиц.

2. Спрос на деньги по своей природе выступает как запас денег, который стремятся иметь в своем распоряжении экономические субъекты. Спрос на деньги формируют: население, которое осуществляет покупки товаров и услуг для личного потребления; предприятия, нуждающиеся в деньгах для инвестиций; и государство.

Спрос на деньги определяется воздействием нескольких факторов. Во-первых, он зависит от производимого ВВП. Чем больше товаров и услуг производится в стране, тем большее количество денег

необходимо (при заданной скорости их оборота) для обслуживания сделок. Это есть транзакционный мотив формирования спроса на деньги [1]. Во-вторых, спрос на деньги зависит от стоимости их альтернативного использования. Стоимость (цена) денег представляет собой плату за их использование – процентную ставку. Это соответствует спекулятивному мотиву спроса на деньги. В-третьих, спрос на деньги зависит от уровня цен на блага. С ростом цен покупательная способность денежной единицы падает, , поэтому спрос на наличные деньги растет.

3. Под предложением денег понимается денежная масса в обращении. Предложение денег в экономике формирует государство посредством банковской системы, включающей Центральный Банк и коммерческие банки. Предложение по своей сути является запасом.

4. При взаимодействии спроса и предложения на денежном рынке устанавливается процентная ставка. Динамика процесса установления процентной ставки при нарушении равновесия на рынке денег определяется чувствительностью спроса на деньги.

Разработанная когнитивная модель функционирования МЭС с учетом рынков благ, труда и денег позволяет определить основное функциональное назначение макроэкономических агентов и макроэкономических рынков в кругообороте финансовых потоков МЭС. Роль рынка благ состоит в аккумулировании финансовых потоков потребления и накопления, а также в формировании уровня цен как информационного фактора, регулирующего процесс обмена благ и денег на динамически неравновесных режимах. Роль рынка труда состоит в формировании информационных показателей уровня безработицы и заработной платы, характеризующих социальное благополучие МЭС и регулирующих планы поведения реального сектора и сектора домохозяйств на динамически неравновесных режимах. Роль рынка денег состоит в формировании ставки процента как информационного регулирующего фактора, воздействующего на инвестиционный спрос как самый динамичный компонент совокупного спроса. Разработанная когнитивная модель служит основой для построения системы имитационного моделирования динамики поведения МЭС в неравновесных рыночных условиях.

Список литературы

1. Селищев А. С. Макроэкономика. – СПб.: Изд-во «Питер», 2005. – 448 с.

2. Макарова Е. А., Павлова А. Н. Моделирование динамики макроэкономического кругооборота с учетом неравновесных условий рынка благ // Сборник трудов VI Всероссийской школы-семинара молодых ученых «Управление большими системами». – Ижевск: ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. – С. 274-286.

СУЩНОСТЬ И СТРУКТУРА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

М.О. Сураева

*Самарский государственный экономический университет,
Самара, Россия, marusyasuraeva@mail.ru*

В современной экономике для управления интеграционными процессами достаточно важным аспектом является определение сущности и структуры инновационного потенциала.

Инновационный потенциал можно представить как «накопленное определенное количество информации о результатах научно-технических работ, изобретений, проектно-конструкторских разработок, образцов новой техники и продукции» [2], или как «систему факторов и условий, необходимых для осуществления инновационного процесса» [7], что сегодня в частности определяет основу инновационного развития экономики страны.

В определении инновационного потенциала как «способности различных отраслей народного хозяйства производить наукоемкую продукцию, отвечающую требованиям мирового рынка» [8], рассматриваемая категория привязана к конкретному уровню (народное хозяйство), что также сужает сферу ее применения.

Определение - «инновационный потенциал содержит неиспользованные, скрытые возможности накопленных ресурсов, которые могут быть приведены в действие для достижения целей экономических субъектов» [5] свидетельствует о наличии неоднозначности в понимании сущности инновационного потенциала.

В выявлении сущности инновационного потенциала не менее интересен подход С.И. Кравченко и И.С. Кладченко [6], разделяемый автором. По мнению ученых, углубленный анализ сущности и содержания категории «инновационный потенциал» вполне целесообразно осуществлять, опираясь на составные категории - «потенциал» и «инновация». Так, понятие «потенциал» происходит от латинского слова «*potentia*», которое означает силу, мощь, возможность, способность, существующую в скрытом виде и способную проявиться при опреде-

ленных условиях [1]. В более широком смысле потенциал - это совокупность факторов, имеющихся в наличии, которые могут быть использованы и приведены в действие для достижения определенной цели, результата.

Таким образом, изучив труды ученых, категорию «инновационный потенциал» можно трактовать как способность системы к трансформации в новое состояние с целью удовлетворения существующих или изменяющихся потребностей заинтересованных сторон. Другими словами инновационный потенциал - это своего рода характеристика способности системы к изменению, улучшению, совершенствованию.

Даже такой поверхностный анализ отдельных формулировок свидетельствует о наличии неоднозначности в понимании сущности инновационного потенциала, что в значительной мере затрудняет выработку конкретных практических рекомендаций по его формированию и эффективному использованию.

Раскрытие сущности инновационного потенциала необходимо начать с определения его структуры, которая может быть представлена целостностью трех компонентов - ресурсного, внутреннего и результативного, которые взаимозависят, дополняют друг друга и создают единую систему.

Ресурсный компонент инновационного потенциала является платформой для его формирования. Она включает в себя следующие основные элементы, имеющие различное функциональное назначение: материально-технические, информационные, финансовые, человеческие и другие виды ресурсов. Следующий элемент ресурсного компонента - информационный ресурс, позволяющие переводить материальные факторы из статического состояния в активное. Данный вид ресурсов, в отличие от прочих, практически неисчерпаем.[4]

Финансовые ресурсы входят в состав ресурсного компонента инновационного потенциала как органическое единство наличных ресурсов и неиспользованных возможностей их альтернативного вложения. Таким образом, они характеризуются совокупностью источников и запасов финансовых возможностей, которые есть в наличии и могут быть использованы для реализации конкретных целей и заданий. Помимо обеспечивающей функции, финансовые ресурсы выполняют и страховую функцию, непосредственным образом дублируя, а также измеряя в денежных единицах материально-технические, информационные, человеческие и другие ресурсы, входящие в состав инновационного потенциала [3].

Следующим элементом ресурсного компонента инновационного потенциала является человеческий ресурс, который не просто выпол-

няет обеспечивающую функцию (как все предыдущие), а выступает главной движущей силой. Важным является и тот факт, что данный элемент оказывает непосредственное влияние не только на ресурсный компонент инновационного потенциала, но и на внутренний и особенно результативный.

Вторым компонентом инновационного потенциала является *внутренний*, который является механизмом, обеспечивающим эффективность функционирования всех предыдущих компонентов. В целом, указанный элемент характеризует возможность целенаправленного осуществления инновационной деятельности, т.е. определяет способность системы на принципах коммерческой результативности привлекать ресурсы для инициирования, создания и распространения различного рода новшеств. Таким образом, внутреннюю составляющую можно охарактеризовать через процессы создания и внедрения нового продукта, обеспечения взаимосвязи новатора как с наукой, представляющей прогрессивные идеи, так и рынком, потребляющим готовый продукт, а также методы и способы управления инновационным процессом. Указанная составляющая является довольно сложной и важной, и поэтому для детального ее анализа отдельные авторы [5] предлагают использовать структурно-институциональный и функциональный подходы. При этом структурно-институциональный подход вычленяет структуру инновационной деятельности с точки зрения системы институциональных субъектов, ее осуществляющих, а также экономические связи с внешними для нее сферами - наукой и производством. Функциональный подход выявляет временные закономерности инновационного процесса - производство инновационного продукта, его обмен, распределение, потребление и возобновление цикла инновационного процесса, за которое и отвечает внутренняя составляющая инновационного потенциала.

Третьим компонентом инновационного потенциала является *результативная* составляющая, которая выступает отражением конечного результата реализации имеющихся возможностей (в виде нового продукта, полученного в ходе осуществления инновационного процесса). Таким образом, она - своего рода целевая характеристика инновационного потенциала. Важность этой составляющей и целесообразность обособленного выделения подтверждается тем, что ее увеличение, в свою очередь, способствует развитию остальных составляющих (например, ресурсной). Другими словами, результативная составляющая, сама являясь результатом количественного и качественного изменения, несет в себе потенциальные возможности вывода на новый уро-

вень функционирования как инновационного потенциала, так и системы в целом.

Тесная взаимосвязь ресурсной, внутренней и результативной составляющих инновационного потенциала определяют необходимость выявления на практике их оптимального соотношения. Так, например, незначительный удельный вес ресурсной составляющей, как правило, обусловлен превалированием качественных изменений над количественными. При этом ограниченность необходимых ресурсов временем и пространством может быть полностью или частично преодолена интенсификацией их использования, применением новых методов организации процесса, поиском новых источников их привлечения. При этом, очевидно, существует определенный предел отклонения величины составляющих инновационного потенциала от оптимального уровня. То есть дальнейшее изменение какого-либо элемента влечет за собой либо снижение отдачи от него самого, либо уменьшение эффективности функционирования остальных элементов, так как все они существуют в системном единстве. Таким образом, проблема оптимизации структуры инновационного потенциала является важной, однако ввиду своей сложности требует отдельного, более детального изучения.

Список литературы

1. Большая Советская Энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. - 3-е изд. - М.: Сов. энциклопедия, 1975. - Т. 20. Плата-Проб. - С. 428.
2. Данько, М. Инновационный потенциал в промышленности Украины // Экономист. - 1999. - № 10. - С. 26 - 32.
3. Добров, Г.М. Научно-технический потенциал: структура, динамика, эффективность / Г.М. Добров, В.Е. Тонкаль, А.А. Савельев и др. - Киев: Наукова думка, 1987. - 347 с.
4. Калитич, Г. Функционально-информационный синтез НТИР / Г. Калитич // Экономика Украины. - 1999. - № 10. - С. 36-45.
5. Кокурин, Д.И. Инновационная деятельность / Д.И. Кокурин. - М.: Экзамен, 2001. - С. 111, 119 - 120.
6. Кравченко, С.И. Исследование сущности инновационного потенциала / С.И. Кравченко, И.С. Кладченко // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия экономическая. - Донецк : ДонНТУ, 2003. - Вып. 68. - С. 88 - 96.
7. Николаев, А.И. Инновационное развитие и инновационная культура / А.И. Николаев // Наука и наукознание. - 2001. - № 2. - С. 54

8. Рынок: Бизнес. Коммерция. Экономика : толковый терминологический словарь / сост. В.А. Калашников ; под общ. ред. А.П. Дашкова. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Маркетинг, 1998. - С. 131.

МЕХАНИЗМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СОЦИУМА

**Н.С. Боброва, Е.П. Немытых,
В.А. Харитонов, Л.Н. Хорошева**

*Пермский государственный технический университет,
г. Пермь, Россия, nedstf@pstu.ru*

Проблема развития городов претендует на место самой значимой из проблем, стоящих перед человечеством, после сохранения мира на земле. Вопреки мнению многих урбанистов (геоурбанистов) о надвигающейся «катастрофе», связанной с «поражением человека в городе», на этот прогноз, не колеблясь, можно дать отрицательный ответ: слишком высок уровень выживаемости сообщества людей, проживающих в большом городе. Данная организация людей, выделяемая в ноосфере, подобно ноосфере, образовавшейся в биосфере, сегодня должна восприниматься как особый вид живой материи, заслуживающей присвоение ему специального термина (авторы предлагают его назвать на греческий лад «полисдемией» – живущими в городах).

Если главным признаком биосферы считать свободу выбора поведения, ноосферы – способность обосновывать свой выбор отдельными индивидуумами для себя и перед другими [1], то для полисдемии, подходящей в таком ряду, была бы способность к обоснованию выбора поведения каждым полисдемом в полисдемии для себя и себя подобных.

Понимание поведения отдельных полисдемов в меняющейся среде обитания чрезвычайно важно для повышения эффективности управления этими мыслящими сверхсуществами. Можно не сомневаться в большом влиянии структур полисдемов на их поведение, сложности этих структур и актуальности их исследования. В дальнейшем изложении термин «полисдем» будет заменен на более привычное понятие «социум», рассматриваемым исключительно в рамках проблемы урбанизации.

Процесс разработки механизмов исследования структуры социума как результата его декомпозиции на различные группы и связи между ними предлагается строить на основе моделей индивидуальных

предпочтений [1] из репрезентативной выборки с использованием процедур обработки экспертной информации.

На первом этапе решается задача оценивания сложности структуры социума.

Дано: n – размер выборки;

m – число тестов, покрывающих определенным образом область определения заданной поведенческой области;

\overline{R}_j^* , $j = \overline{1, m}$ – набор значений частных критериев задачи выбора;

r_i , $i = \overline{1, n}$ – модели индивидуальных предпочтений участников выборки.

Найти согласованные в социуме оценки по заданным тестам [1]:

$$R_{\text{согл.}j}^* = A\mathcal{E}(R_{ij}^*, \dots, R_{nj}^*), \quad R_{ij}^* = r_i(\overline{R}_j^*), \quad j = \overline{1, m},$$

где $A\mathcal{E}$ – активная экспертиза, процедура голосования.

Затем полученные согласованные оценки ранжируются,

$$\forall (j', j' + 1) P(R_{\text{согл.}j'}^* \geq R_{\text{согл.}(j'+1)}^*), \quad j \xrightarrow{\Pi} j' - \text{перестановка,}$$

представляя поведение социума в задаче выбора и неизвестную идеальную модель его предпочтения. В виду невозможности идентификации идеальной модели подходящая модель поведения социума отыскивается среди моделей предпочтений участников выборки по критерию близости к идеальной модели, например:

$$i_{\text{ид.}} := i = \text{Ind}(\min r_i = r_{\min}), \quad r_i = \sum_{j=1}^m |R_{ij}^* - R_{\text{согл.}j}^*|, j = \Pi(j'), \quad i = \overline{1, n}.$$

Ранжирование значений характеристики несовпадений моделей предпочтений участников выборки от идеальной модели предпочтений социума формирует интервал $\Delta r = [r_{\min}, r_{\max}]$. По величине интервала можно судить о неоднородности социума в рассматриваемой задаче выбора. В связи с этим возникает ряд задач по исследованию его структуры.

Определение зон «инакомыслия». С этой целью из состава индивидуальных моделей социума удаляется то подмножество моделей, которое образует достаточно малый подинтервал $\Delta r_1 = [r_{\min}, r_{\max}^1]$. Оставшиеся модели, соответствующие интервалу $\Delta r_2 = [r_{\max}^1, r_{\max}]$, подвергаются процедуре построения модели согласованных предпочтений. При необходимости этот прием может быть повторен до тех пор, пока исходная выборка из социума не окажется декомпозированной на конечное число подсистем, каждая из которых характеризуется достаточной однородностью. Следует заметить, что полученные под-

системы оказываются ранжированными по степени неприятия согласованной (идеальной) модели полного социума. Выявленная структура социума предоставляет информацию о его поведении в задаче выбора относительно роли большинства, квалифицированного большинства, влиятельного меньшинства и т.д.

Перечень задач исследования структуры социума может быть диверсифицирован по предметным областям принятия решения, их объединениям и пересечениям с учетом реальных возможностей социальных сетей [2] с целью прогнозирования социально-экономических ситуаций на этапах эволюционного процесса урбанизации.

Список литературы

1. Харитонов В.А. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений: монография / В.А. Харитонов [и др.]; под науч. ред. В.А. Харитонova. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – 342 с.

2. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2010. – 228 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В ЗАДАЧАХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МЕГАПОЛИСА

**Н.С. Боброва, Е.П. Немытых,
В.А. Харитонов, Л.Н. Хорошева**

Пермский государственный технический университет

Одна из важнейших особенностей современной жизни нашей планеты — стремительный рост числа городов и городских жителей. Недаром урбанизацию называют феноменом XXI века. Под урбанизацией понимают рост городов, увеличение доли горожан в общей численности населения, повышение роли городов во всех сторонах жизни общества, а также распространение городского образа жизни на сельскую местность.

Эволюцию концепции мировых городов можно отобразить с последовательностью понятий: мировой центр как город, играющий особую роль в мировом развитии; мировой город как крупный город со сверхпропорциональной долей участия в сфере мировой политики, хозяйства, культуры, искусства; метрополис как крупный город, выполняющий интернациональные экономические функции; столицы

капиталов как города международных и наднациональных финансовых центров; глобальный город, занимающий стратегическое положение в мировой экономике за счет концентрации функций управления и контроля, а также специализирующийся в области профессиональных бизнес-услуг; информационный город, содержащий ключевые элементы глобальной системы потоков информации, инноваций, капитала, людей, товаров и символов; международный город – город, дополнительно обладающий широкой палитрой экономического, политического и общественного характера; глобальный городской регион – глобальный город, не ограничивающийся административными границами и служащий пространственной платформой; глобализирующийся город – город в процессе глобализации по направлению, которому следуют города всего мира; космополис – город мирового значения с континуальностью городского развития, начиная с античного полиса.

На сегодняшний день мегаполис - это большая и в то же время сложная система организации городского пространства. Стремительный рост больших городов и агломераций создает определенные проблемные ситуации [1]: вытеснение городами природы, загрязнение ими окружающей среды; адаптируемость человека к жизни в урбанизированных комплексах; интернационализация охраны исторических памятников и центров, представляющих всемирный интерес; создание функциональных центров принятия решений, охватывающих все уровни человеческой организации от локального до глобального; постройка в течение жизни одного поколения «второго мира» городов, равного по объему тому, который был создан 50 предшествующими поколениями; глобальное планирование градостроительства, общего плана использования земель в масштабе всей планеты, чтобы города и промышленность занимали не более 10% ее территории; на обеспечении населения планеты пищи, товарами и услугами; исследования задач преобразования производственной системы мирового общества с учетом человеческих поселений.

Моделирование и рассмотрение альтернативных вариантов решения проблем может упростить решение конкретной проблемы, уменьшить время на ее решение и трудозатраты.

Ключом к пониманию ситуации, связанной с управлением процессами урбанизации, является осознание необычайно возросшей сложности и остроты проблем, стоящих перед проектированием. При постоянно усложняющейся ситуации выбор правильных решений становится все более ответственным, масштаб потерь при неудачных планировках возрастает. Город – весьма сложный организм. Он не может быть концептуализован в терминах структур, принятых в дисци-

плинах сегодняшнего дня. Социологи, экономисты, географы, архитекторы, городские планировщики и т.д. - все прокладывают свои собственные борозды и живут в своих собственных строго тематизированных концептуальных мирах. Преодоление такой разобщенности является первейшей задачей, но для ее решения необходимо преодолеть серьезные методологические, философские и концептуальные затруднения.

Моделирование проблемных ситуаций следует рассматривать на основе аналитической модели решения проблем. Это есть не что иное, как разработка альтернативных решений. Аналитическая модель решения проблем состоит из нескольких этапов: определение проблемы, суть проблемы; разработка (генерирование) альтернативных решений, поиск и детальное описание всех существующих вариантов решений; оценка альтернативных решений с целью выбора оптимального решения; реализация решения, создание системы мониторинга для оценки не только краткосрочного, но и долгосрочного эффекта реализуемого решения.

Моделирование проблемных ситуаций в столь сложной предметной области принятия решений нуждается в разработке конструктивной концепции построения и исследования, на основе которых можно было бы разрабатывать технические задания на генерацию альтернативных решений и осуществлять обоснование оптимального инвестиционно-инновационного решения. С учетом выше изложенного в докладе обсуждаются следующие основные положения данной концепции.

1. Управление процессами урбанизации как управление изменениями. Речь идет об эволюционном развитии больших городов, отличающимся сильной инерционностью основной структуры, играющей роль каркаса системы, изменяемой в целом много медленнее чем формирующие ее объекты. Это свойство урбанизированных систем устанавливает принципы дальности и перспективы, которые создают эффект сложившихся планировочных структур. Различные типы и скорости развития подсистем и компонентов во времени и пространстве требуют выявления поддающихся прогнозу факторов урбанизированных систем.

Принцип дальности перспективы требует системного анализа изменений не только на краткосрочные, но и на долгосрочные периоды, вплоть до ста лет и более, при временных горизонтах текущих изменений в 5-10 и менее лет.

Свойство полииерархичности урбанизированных систем устанавливает целью конструирования сохранение, восстановление или

создание равновесия в ней и ее подсистемах на основе поиска оптимума иерархии подсистем и субоптимизации. Особое внимание уделяется выделению существенных подсистем для каждой планируемой инновации.

2. Агрегирование информационных потоков, связанных с проблемами урбанизации. Пробелы в исходной информации непонимания специалистами смежных дисциплин и целей работы, отсутствие навыков и умения систематического мышления требуют новых подходов к получению, обработке и представлению необходимой информации. Особую важность здесь приобретает институт социальных сетей с учетом его позитивных и негативных сторон.

3. Системный анализ проблем урбанизации с использованием модели предпочтений. Согласно данному положению мегаполис в первую очередь представляется как «ментальное образование», новый более высокий уровень развития ноосферы, в том числе в вопросах формирования предпочтений и принятия решений. Такая модель мегаполиса представляется не менее актуальной, чем другие с точки зрения исследований равновесных ситуаций в обществе на текущий момент и дальнюю перспективу. Примерный перечень методов анализа и обработки информации моделей предпочтений ЛПП (лица принимающего решение), ответственного за обоснование направлений инновационного развития мегаполиса, включает в себя [2]: построение топологии матриц свертки; перенос топологии матриц свертки в метрическое пространство; построение семейства рабочих точек; построение функции чувствительности одной переменной в рабочей точке; построение функции чувствительности двух переменных в рабочей точке; ранжирование объектов сопоставления; ранжирование состояний одного объекта; построение динамики изменения состояния объекта; построение линейной свертки в рабочей точке; обоснование перспективных направлений развития объекта; разработка сертификата на модель предпочтения; построение множества альтернатив в задачах развития объектов.

Магистерская программа «Технологии системного анализа проблем инновационного развития городов» должна способствовать достижению значимых результатов в приоритетном направлении научной деятельности университета (ПГТУ) – урбанистике.

Список литературы

1. Перцик Е.Н. Геоурбанистика // Учебник для студ. высш. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 432с.

2. Харитонов В.А. [и др.] Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений / Монография: под науч. ред. В.А.Харитонова. – Пермь: Изд-во ПГТУ. – 2010. – 342 с.

НАЛОГ НА НЕДВИЖИМОСТЬ КАК ФУНКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Ю. Букалова, Н.П. Букалова

*Пермский государственный технический университет,
Россия, Пермь, alina_bukalova@mail.ru*

Налог на недвижимость является перспективным источником формирования доходов бюджетов субъектов РФ. Данный налог на недвижимость необходим для стимулирования эффективного управления объектами недвижимости. По заявлению заместителя министра финансов РФ С. Шаталова о том, что правительство может ввести налог на недвижимость в некоторых регионах России с начала 2012 г. при достаточном объеме информации об объектах недвижимости.

С учетом вышеизложенного к началу 2013 г. ставится задача оценить каждый объект недвижимости и получить налогооблагаемую базу, которая по словам С. Шаталова будет составлять 0,5-2% от рыночной стоимости. Для проведения этих работ готовится нормативная и подзаконная база. Был разработан и утвержден Федеральный стандарт оценки № 4 «Определение кадастровой стоимости объектов недвижимости» и принят Федеральный закон от 22 июля 2010 г. № 167-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»

Согласно изменениям, внесенным в Федеральный закон, кадастровая оценка проводится с целью введения налога на недвижимость. Под кадастровой стоимостью следует понимать рыночную стоимость, установленную в результате проведения государственной кадастровой оценки. Ранее кадастровая оценка являлась частью рыночной оценки

Второй пласт проблем связанный с кадастровой оценкой - это информационное обеспечение. Необходимо создание фонда данных.

Все сведения для проведения кадастровой оценки должны содержаться в едином кадастре недвижимости. По предварительным оценкам Росреестра такой кадастр недвижимости, содержащий результаты государственной кадастровой оценки, будет создан не ранее 2012 г. Встает проблема сбора достоверной рыночной информации об объектах сделок, что может повлечь за собой не точность массовой

оценки. Цены сделок с объектами недвижимости должны в обязательном порядке декларироваться и быть доступными для процедуры оценки, что не всегда возможно.

Федеральный стандарт оценки говорит о том, что если не достаточно того объема информации для построения модели кадастровой оценки, то оценщик проводит оценку рыночной стоимости методами индивидуальной оценки, что бы потом использовать эту информацию в расчетных моделях как рыночную.

Федеральный стандарт оценки предполагает базироваться при расчетах на рыночную стоимость, что подразумевает определение наилучшего и наиболее эффективного использования, однако, проблеме эффективного использования можно решать через справедливые налоговые ставки, а оценку производить по существующему использованию объекта.

Новая концепция кадастровой оценки объектов недвижимости имеет ряд недостатков:

1. В основе методологии кадастровой оценки лежит построение модели с использованием подходов к оценке: затратного, сравнительного и доходного. Выбор подхода или обоснованный отказ от его использования осуществляется оценщиком, исходя из видов разрешенного использования и достоверности располагаемой информации.

При наличии достаточной и достоверной информации о ценах сделок и предложений о купле-продаже объектов в качестве основного метода принят метод сравнения продаж в варианте корреляционно - регрессионного анализа цен предложений. Основной проблемой метода является манипулирование объектами – аналогами. Основными критериям при отборе объектов - аналогов является схожесть по типовым элементам сравнения. Метод сравнения продаж не учитывает отличительные особенности объекта, а наоборот при помощи корректировок приближает оцениваемый объект к объекту - аналогу. Поэтому построить достоверную модель только на ценах предположений не возможно;

2. Методология кадастровой оценки при проведении массовой оценки не учитывает виды прав и ограничений, что может существенно исказить результат оценки;

3. Методика кадастровой оценки не учитывает влияния отдельных факторов на комплексную стоимость объекта.

Исходя из этого, встает вопрос об определении некой справедливой стоимости, которая будет учитывать все характеристики объекта недвижимости.

В частности, введение налога на недвижимость на основе рыночной стоимости, с одной стороны, способно привести к неким социальным потрясениям и будет восприниматься населением несправед-

ливым, с другой стороны, такой налог позволил бы решить ряд проблем, таких как:

1. создание рыночного инструмента регулирования рынка недвижимости с эффектом возможного снижения цен на недвижимость;

2. решение проблем доступного жилья через инвестирование местными органами власти в подготовку площадок для массового строительства, привлечение инвестиций и создание конкурентной среды среди девелоперов;

3. улучшение инженерной инфраструктуры поселений и экологической ситуации в них;

4. создание основ местного самоуправления, информационного обеспечения рынка недвижимости.

Налог на недвижимость это особый налог, у которого основная функция не фискальная. В современных условиях главная функцией налога на недвижимость – это устойчивое развитие территории.

Но для того, чтобы налог на недвижимость начал выполнять функцию устойчивого развития территории необходимо соблюдение определенных условий:

1. налогообложение недвижимости должно осуществляться в законодательно установленных процентах от рыночной стоимости, но не превышать ее;

2. оценкой недвижимости должны заниматься независимые от государства оценщики, хорошо знающие особенности местных рынков недвижимости;

3. методы расчета стоимости недвижимости для целей налогообложения должны быть достаточно просты и понятны налогоплательщикам, результаты расчетов проверяемы;

4. технические характеристики объектов недвижимости и права на них должны быть учтены и зарегистрированы в специальном реестре;

5. налог на недвижимость должен поступать в местные бюджеты, и полученные средства должны расходоваться в основном на улучшение инженерной инфраструктуры;

6. население должно осуществлять действенный контроль за расходованием этих средств через выборные органы власти;

7. федеральные органы власти должны осуществлять общие методологическое обеспечение процесса оценки с целью соблюдения единых принципов налогообложения.

Это минимальные условия для того, чтобы новый налог на недвижимость воспринимался как справедливый и необходимыми. В этом случаи собственники недвижимости могут увидеть, что деньги, полученные от уплаты налога, расходуются на улучшение местной инженерной инфраструктуры (дороги, инженерные сети, очистные соору-

жения, ЖКХ, благоустройство), что, в свою очередь, ведет к повышению рыночной стоимости недвижимости. Если же перечисленные условия не будут выполняться, то налог на недвижимость не будет выполнять функцию устойчивого развития территории, а будет нести только фискальную нагрузку.

Таким образом, стоит задача в том, что бы создать определенные институциональные условия, при которых налог на недвижимость будет выполнять свою главную функцию – устойчивого развития территории.

Список литературы

1. Федеральный стандарт оценки «Определение кадастровой стоимости» утвержден Приказом министерства экономического развития России от 22.10.2010 №508.

2. Коростелев С.П. К вопросу методологии кадастровой оценки недвижимости // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. - № 11.

3. Коростелев С.П. Проблемные вопросы налогообложения и оценки недвижимости // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2010. - № 6.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКАЗОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

З.И. Ризаев

КГТУ им А.Н. Туполева, Казань, Россия, zufar.rizaev@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье рассматриваются предприятия, род деятельности которых связан с выполнением работ или услуг, где основную роль играют квалификация и компетенции персонала, а роль основных средств, оборудования остаются на втором плане. К таким предприятиям относятся, например проектные и научно-исследовательские организации, конструкторские бюро и другие.

На основе понятий работы, мощности сложной системы [1,2], компетенции работников [3] формализуются понятия заказов, производственных заданий предприятия, организационной компетенции персонала. Эта формализация позволяет строить систему объектных моделей, с помощью которых решаются задачи автоматизации назначения производственных заданий при известной мощности персонала.

1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ ЗАКАЗА

Предполагается, что деятельность предприятия заключается в выполнении поступающих заказов. Заказ представляет собой некоторое описание того, что необходимо выполнить, и сроки выполнения.

Каждый заказ после поступления на предприятие может быть разбит на этапы, задачи, подзадачи и т.д. В конечном счете они разбиваются на производственные задания, каждое из которых представляет собой перечень и объемы конкретных работ и сроки выполнения.

Для формализации понятия заказа предполагается, что заказы имеют структуру, имеющей вид тройки: сам заказ, время начала и время завершения выполнения. При этом сам заказ состоит либо из совокупности других заказов (этапов, задач, подзаказов), либо из перечня производственных заданий.

Предполагается, что перечень выполняемых на предприятии работ задан. Введем N -мерное линейное пространство выполняемых работ R_w , где размерность пространства N соответствует количеству видов выполняемых работ, а по осям координат откладываются объемы выполняемых работ.

Определение 1.1. Производственное задание представляет собой тройку $P = (w, t', t'')$, где $w \in R_w$ - вектор объемов работ, t' - время начала выполнения задания, t'' - время к которому его надо выполнить. $t'' \geq t'$.

Определение 1.2. Заказ представляет собой тройку $Z = (z, t', t'')$, где z является конечным множеством, элементы которого представляют собой заказы более низкого уровня, либо производственные задания, t' - время начала выполнения задания, t'' - время к которому его надо выполнить. $t'' \geq t'$.

Это определение является рекурсивным.

Предполагается, что все заказы предприятия разбиваются на иерархическую систему заказов, на низшем уровне которой находится ряд производственных заданий с конкретными объемами работ и сроками исполнения.

2 ОБЪЕКТНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАКАЗОВ

На основе вышеописанных понятий и математических определений строится объектно-ориентированная модель заказов, поступающих на предприятие, в виде иерархической системы классов и объектов. Каждый класс характеризуется атрибутами и методами. Например, в классе «Тип Заказа» одним из атрибутов является список зака-

зов более низшего уровня, представляющих собой объекты того же класса. В классе «Заказ» атрибутами являются время начала выполнения задания, время окончания выполнения задания, а также ссылка на объект класса «Тип Заказа». Аналогично вводятся классы «Тип Работы», «Работа», «Тип производственного задания», «Производственное задание». Также вводятся классы, связанные с работниками: «Работник», «Компетенция», «Группа работников» и ряд других.

Для каждого класса разработаны методы. Один из важнейших методов, например, основан на алгоритмах, дающих ответ: могут ли работники выполнить те или иные заказы за требуемое время.

3 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ

В работе [3] были предложены математические модели мощности работников, выполняющих конкретный вид работы и мощности персонала предприятия, основанные на понятии компетенции. Однако важную роль в организации выполнения заказов, производственных заданий, контроле деятельности других работников играет управленческий персонал. Здесь вводится формальное понятие компетенции для этого вида деятельности персонала.

Определение 2.1: Организационная компетенция – обратная величина времени, затрачиваемого сотрудником в среднем на организацию и контроль конкретного заказа того или иного уровня или производственного задания.

Величина организационной компетенции зависит от сложности заказа, его новизны, а также от опыта и квалификации работника.

ПРИМЕР

В качестве примера рассмотрим конструкторский отдел предприятия, состоящий из 2-ух работников, на который приходит заказ на разработку 4 деталей и модификацию 2 деталей. Необходимо определить, смогут ли работники данного предприятия выполнить ее в срок, и если смогут, то распределить работы по работникам.

В соответствии с объектной моделью опишем заказ. Заказ состоит из следующих типов подзаказов:

1. Разработать детали.
2. Модифицировать детали.

Для примера разберем только подзаказ «Разработка детали». Он включает в себя следующие типы производственных заданий:

1. Разработка технического предложения.
2. Разработка эскизного проекта.
3. Разработка технического проекта.

4. Разработка документации для изготовления изделия.

Разобьем производственное задание «Разработка технического предложения» на следующие типы работы:

1. Изучение технического задания.

2. Анализ научно-технической информации об аналогичных конструкциях.

3. Проектировочные расчеты по критериям работоспособности.

4. Создание эскиза технического предложения.

Таким образом, в рамках данной модели задача будет разбиваться следующим образом:

Объект класса «Заказ» будет включать 2 объекта класса «Заказ» (подзаказы). Объект подзаказов включает два объекта класса «Тип Заказа». Объект класса «Тип Заказа» «Разработки детали» состоит из 4-ых объектов «Тип произ. задания». А «Тип произ. задания» «Разработка технического предложения» состоит из 4-ых объектов типа «Тип работы».

Теперь опишем работников данного отдела.

Пусть имеются два работника: Иванов и Петров.

Запишем компетенции по описанным выше типам работ и типам этапов.

Компетенции по работам Иванова. Объект класса «Компетенция по работам». Реквизиты: Работник – Иванов, Тип Работы - Изучение технического задания. Уровень компетенции: 0,25. И так далее по всем типам работ. Для Типов производственных заданий и для типов заказов, соответственно надо задать уровень организационной компетенции.

Таким образом, после того, как описаны все работники, все работы, все производственные задания и все заказы, надо добавить работников в объект класса «Группа Работников» и для этого объекта вызвать сначала метод, который выдаст ответ, смогут ли работники выполнить данный заказ. А если смогут вызвать метод распределения работников по работам. В результате данный метод вернет несколько объектов класса «Работа», класса «Производственное задание», класса «Заказ», где с заполненными реквизитами «Работник», «Статус», «Время к которому необходимо выполнить работу». Соответственно для каждого работника можно сформировать список всех работ, которые он должен выполнить.

ВЫВОДЫ

Предложенная система моделей взаимодействия заказов, производственных заданий и компетенций персонала может лечь в основу

алгоритмов функционирования подсистем автоматизированной системы управления предприятием.

Список литературы

1. Т.К. Сиразетдинов, В.В. Родионов, Р.Т. Сиразетдинов. Динамическое моделирование экономики региона. - Казань, Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 320 с.
2. Сиразетдинов Р.Т. Математическое моделирование мощности инфраструктуры сложных систем. // Известия академии наук. Теория и системы управления. 1998. №3. С.96-104.
3. Ризаев З.И., Сиразетдинов Р.Т. Математическое моделирование мощности конструкторского отдела авиационного предприятия на основе компетентностного подхода. // Современные технологии и материалы – ключевое звено в возрождении отечественного авиастроения: Сборник докладов международной научно-практической конференции. Т. II., 2010. С. 572 – 578.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИИ

Е.А. Киреева

*Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет, г.Воронеж, Россия
kireeshe4ka@mail.ru*

В современном бизнесе любая идея, проект рассматриваются только в том случае, если это мероприятие принесет какую-либо выгоду. Но наряду с выгодой всегда стоит риск ее неполучения. А поскольку именно в бизнес-плане рассматриваются все этапы реализации проекта, отражаются все возможности и недостатки, то взаимосвязь планирования и риска становится очевидной. Порядок разработки бизнес-плана представлен на рис. 1 [1].

Управлением риском, как правило, занимаются риск-менеджеры, имеющие опыт в области страхования и принимаемые ими решения основываются на их личном опыте. Таким образом, встает вопрос о правильном выборе экспертной комиссии. Данный вопрос можно решить с помощью бальной оценки, а так же с помощью метода попарного сравнения.

Риск-менеджер должен уметь представлять алгоритм управления риском. Также он потребует для доказательства эффективности

и умения организовывать систему управления при бизнес-планировании в разделе «Оценка риска» для верного принятия решения.



Рис. 1. Обобщенная схема составления бизнес-плана

Укрупненный алгоритм управления риском в производственной деятельности предприятия показан на рис. 2 [3]. Информация о переменных, характеризующих текущее состояние предприятия и окружающей его среды, собирается и перерабатывается блоком «мониторинг», а результаты передаются в блок «анализ, факторов и оценивание уровня риска». При этом периодичность наблюдения, состав и форма фиксации результатов обработки информации должны устанавливаться на достаточно длительный срок для возможности сравнительного сопоставления при последующих актах анализа риска.

В блоке «Анализ факторов и оценивание уровня риска» эта информация вместе с аналогичной информацией предыдущих точек «отбора проб» обрабатывается с помощью соответствующих методов и с использованием необходимых нормативно-справочных данных.

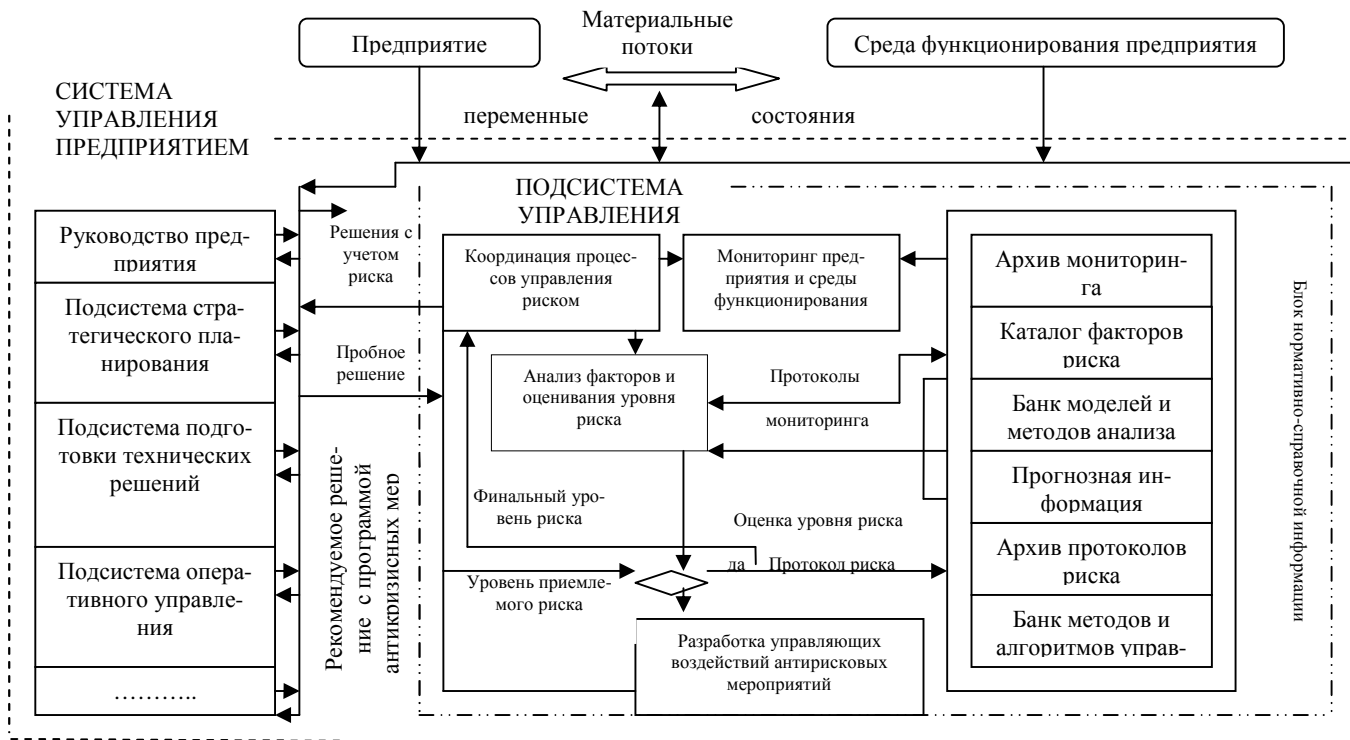


Рис. 2. Структурная схема управления риском в системе управления предприятием

Полученный в результате аналитической работы фактический профиль факторов риска и оценка нового значения уровня риска сравниваются с предыдущими данными, хранящимися в архиве протоколов риска блока «Нормативно-справочная и методическая информация», и заданным значением уровня приемлемого риска.

Полученные в результате очередного акта анализа оценки уровня риска могут не превышать установленный руководством предприятия порог приемлемого риска. В этом случае функция контроля завершается передачей оформленных протоколов риска в архив протоколов риска и выдачей рекомендации о сроке проведения очередного контрольного цикла анализа риска. В противном случае требуется коррекция хода событий, для чего инициируется разработка адекватных антирисковых мероприятий.

Арсенал используемых методов анализа и управления риском сосредоточен в базах данных блока «Нормативно-справочная и методическая информация», а конкретный состав методик и процедур очередного акта анализа и управления формируется блоком «Координация процессов управления риском».

Конкретный состав и порядок процедур работы блока «Анализ факторов и оценивание уровня риска» могут варьироваться в зависимости от конкретной задачи, реального положения предприятия, состояния среды функционирования и момента проведения аналитических работ.

Но как бы не был опытен эксперт, готовых рецептов как избежать риска он не даст. Тем не менее, зная методы, приемы, способы решения тех или иных хозяйственных задач, можно добиваться оптимального успеха в конкретной ситуации.

Так наиболее простым приемом управления риском являются эвристические правила управления риском:

- нельзя рисковать больше, чем это может позволить собственный капитал;
- всегда надо думать о последствиях риска;
- положительное решение принимается лишь при отсутствии сомнения;
- нельзя рисковать многим ради малого;
- при наличии сомнения принимаются отрицательные решения;
- нельзя думать, что всегда существует только одно решение, возможно, что есть и другие варианты.

Список литературы

1. Бизнес-планирование: учеб.-метод. комплекс / Составители: С.А. Баркалов, О.Н. Бекирова, М.Л. Бурлаков; Нижегородский госу-

дарственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2010. – 252 с.

2. Федосенко О.И. Управление рисками строительный предприятий при участии в ипотечный программах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук, Воронеж, 2004.

3. Егоров, С.А. Управление хозяйственными рисками: конспект лекций / С. А. Егоров.- Минск: ТетраСистемс, 2009. - 128 с.

РИСКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Р.А. Ларионова

ГОУ ВПО Пермский ГТУ

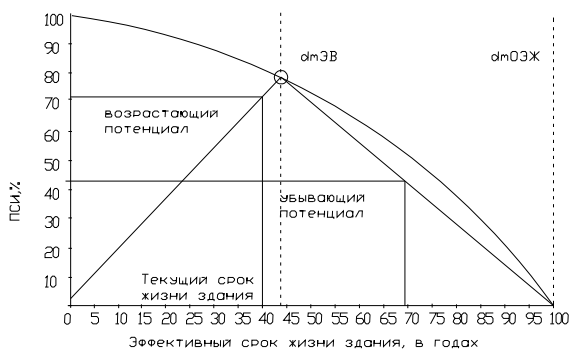
Ключевые слова: объекты культурного наследия, инновационная деятельность, деградация, приспособление для современного использования, риск, оптимальный уровень.

Проблема расширения и совершенствования городов тесно связана с решением задач по реконструкции объектов культурного наследия, их модернизации и перепланировки, приспособления их к общественным и производственным нуждам, которые исчерпали свое функциональное значение. Объекты культурного наследия могут обладать уникальным набором потребительских свойств, которые могут внести значительный вклад в культуру общества и способствовать сохранению исторических аспектов эпохи. Ремонтно-реставрационные работы объекта культурного наследия могут быть разнообразными, начиная от простого косметического ремонта и реставрации до приспособления для современного использования. Особый вопрос сохранности культурного наследия поднимается при инновационной деятельности. В статье исследуются возможности повышения эффективности известной концептуальной модели приспособления для инновационной деятельности на основе современного аппарата моделирования риска.

В процессе эксплуатации здание требует постоянного обслуживания и ремонта. Техническое обслуживание здания представляет собой комплекс по поддержанию исправного состояния элементов здания и заданных параметров и режимов работы технических устройств, направленных на обеспечение сохранности зданий. При этом работы по сохранению объекта культурного наследия проводятся в соответствии с реставрационными нормами и правилами, утвержденными федеральным органом государственной охраны объектов культурного наследия [2]. В настоящее время ситуация с сохранением культурного

и исторического наследия в российских городах характеризуется рядом рисков и угроз, связанных как с сохранением подлинности самих объектов наследия, так и их эффективного использования в качестве ресурса городского развития. Фактические затраты на ремонтно-реставрационные работы зданий составляют весьма малый процент от фактической потребности и от объема затрат на новое строительство. Источниками финансирования мероприятий по сохранению, популяризации и государственной охране объектов культурного наследия, в том числе работ по сохранению объектов культурного наследия являются: федеральный бюджет, бюджет субъектов РФ, внебюджетные поступления и местные бюджеты.[1, п. 3, ст. 13]. По состоянию на сегодняшний день основным способом капитализации объектов наследия, применяемым в России, является девелопмент. Арендаторы и владельцы из числа бюджетных учреждений зачастую не обладают даже формальными полномочиями выделять финансирование на ремонт памятника, поскольку такие расходы могут быть признаны нецелевыми. И объекты культурного наследия остаются без должного внимания и деградируют, иногда средств не хватает и на консервацию. Поэтому для снижения возможных рисков и угроз, возникает вопрос поиска инвестора, с инновационной деятельностью (приспособление для современного использования). Как показывает мировая практика, эффективным способом сохранения объекта культурного и исторического наследия является их коммерциализация. При этом, Российское законодательство позволяет компенсировать из средств государственного бюджета часть затрат, понесенных собственником или арендатором на реставрацию памятника. Приспособление для современно использования объекта культурного наследия вдыхает в здание вторую жизнь, помогает продлить срок экономической жизни.

В мировой практике широко используется приспособление объектов культурного наследия для современного использования. Так в Гонконге разработана и апробирована модель оценки потенциала зданий (памятников архитектуры) для современного использования. Традиционный процесс принятия решений, в отношении существующих зданий, предлагается заменить моделью оценки потенциала для современного использования, позволяющей идентифицировать и ранжировать существующие здания, в зависимости от их потенциала (см. рисунок). Данная модель оценивает ожидаемый срок физической жизни здания и эффективный (в годах). Она так же требует оценивания физических, экономических, функциональных, технологических, социальных и правовых устареваний. Предложен алгоритм, который обрабатывает исходную информацию объекта и выдает показатель (выраженный в процентах) целесообразности проведения ремонтно-реставрационных работ.



Концептуальная модель приспособления зданий для современного использования

Физическое устаревание может быть определено в результате проведения технической экспертизы. Шкала оценивания разработана так, что здания с большей сметой технического обслуживания получают 0% скидки, а здания с меньшей сметой технического обслуживания получают 20% скидки. При нормальной интенсивности технического обслуживания, здания получают промежуточную оценку, и получают 10% скидки.

По такому же алгоритму определяются и остальные устаревания

Срок экономической жизни здания определяется по формуле.

(1). Данная формула содержит в себе идею о том, что срок экономической жизни снижен за счет срока физической жизни. В основе формулы лежат общепринятые методы учета данной скидки, где ставка дисконтирования определяется как сумма факторов устареваний в год (т.е. факторы делятся на ОЭЖ)

$$\text{ЭВ} = \frac{\text{ОЭЖ}}{\left(1 + \sum_{i=1}^6 I_i\right)^{\text{ОЭЖ}}} \quad (1)$$

где ЭВ – эффективный возраст; ОЭЖ – общая экономическая жизнь;

$\sum_{i=1}^6 I_i$ – накопленный износ (устаревания), который включает в себя

физический, экономический, функциональный, технологический, правовой и социальный, выраженный в процентах

Используя этот подход, срок экономической жизни здания уменьшается пропорционально накопленному износу, и данное уменьшение составляет обычно одну треть от физической жизни здания. Расчет индекса производится в соответствии с приоритетами зданий для их повторного использования, и выражается в процентах.

Здания с максимальным индексом обладают высоким потенциалом приспособления, а с нулевым индексом не имеют потенциала. Этот алгоритм представлен на рисунке. Значения $d_mЭВ$ (эффективного срока экономической жизни здания, выраженный в десятичных), $d_mЭСС$ (эффективного срок службы здания, выраженный в десятичных) и $d_mОЭЖ$ (эффективный физический возраста здания, выраженный в десятичных) определяются, соответственно, путем умножения ЭВ, ЭСС и ОЭЖ на 100 и деления на ОЭЖ, что позволяет использовать максимальный масштаб для осей X и Y от 100.

Значение ЭСС определено для эффективного срока службы здания (в годах). Вероятные зоны для ПСИ (приспособления для современного использования) определяются затененной областью под кривой (где x может принимать значение в диапазоне 0-100), согласно формуле (2). Это уравнение описывается как отрицательная экспоненциальная функция

$$y = 100 - \frac{x^2}{100}, \quad (2)$$

Возрастающие и убывающие линии ПСИ соответственно описываются (3) и (4) выражениями.

$$ПСИ(возрастающий) = 100 - \frac{(d_mЭВ^2 / 100)}{d_mЭВ} \times d_mОЭЖ, \quad (3)$$

$$ПСИ(убывающий) = 100 - \frac{(d_mЭВ^2 / 100)}{d_mЭВ} \times (1 - d_mОЭЖ), \quad (4)$$

где $d_mЭВ$ – эффективной срок экономической жизни здания (в годах) $d_mОЭЖ$ –эффективный срок службы здания (в годах). Если значение ПСИ выше 50, то здание имеет превосходный потенциал для проведения модернизации, а если значение ПСИ находятся в диапазоне от 20 до 49, то здание обладает средним потенциалом приспособления, и наконец, если значение ПСИ находится в диапазоне 1-19, то это свидетельствует о низком потенциале здания для приспособления. Если значение ПСИ является нулевым, то это свидетельствует об отсутствии потенциала здания для приспособления под современное использова-

ние. В случае равенства значений $d_mЭВ$ и $d_mОЭЖ$, вероятно, что значение ПСИ, для созданной стадии жизненного цикла здания, будет максимальным. Если значение ПСИ выше 85, то это вероятно твердо говорит о том, что существующее здание целесообразно приспособлять для современного использования.

Данная модель является инструментом оценки потенциала для последующего приспособления для современного использования. В основе модели лежит многокритериальный подход. Данный подход рассматривает весь жизненный цикл объект недвижимости, что представляет собой долгосрочное планирование деятельности и учитывает риски от инновационной деятельности. Расширить возможности данной модели можно, используя современный математический аппарат моделирования рисков.

Таким образом, для снижения рисков, связанных с деградацией объектов культурного наследия, необходимо грамотно обосновывать потенциал ПСИ, что непосредственно влияет на финансирование со стороны потенциальных инвесторов. В случае этого, риск разрушения и деградации снижается до оптимального уровня. Под оптимальным уровнем понимается такой риск, когда отсутствует угроза деградации объекта культурного наследия (здание, как минимум законсервировано, т.е. выполнен комплекс мероприятий в целях предотвращения ухудшения состояния объекта культурного наследия без изменения дошедшего до настоящего времени облика указанного объекта, в том числе противоаварийные работы). В случае недостатка средств, возникает вопрос поиска потенциального инвестора с инновационной деятельностью, с целью снижения рисков деградации объекта культурного наследия.

Список литературы

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, № 26, ст. 2519)
2. СРП-2007 «Рекомендации по проведению научно-исследовательских, изыскательских, проектных и производственных работ, направленных на сохранение объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации».
3. Craig Langston, Francis K.W. Wong, Eddie C.M. Hui, Li-Yin She. Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong // Building and Environment- 2008 № С. 1709–1718

4. Наумов С.А., Гришанков Д.Э. Риски и угрозы. Материалы ЭКСПО-2010. [Электронный ресурс]. - Режим доступа к ст.: [http://www.rusdb.ru/doclad/chapter5/part 4](http://www.rusdb.ru/doclad/chapter5/part4).

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ
К ОПТИМИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ
СТУДЕНТА-МАТЕМАТИКА**

С.С. Суханцев

*Пермский государственный педагогический университет,
Пермь, Россия, s.suhantsev@gmail.com*

Основой нового образовательного стандарта (ФГОС ВПО) является компетенция [1]. Компетенция позволяет оценивать результаты образования с учетом современных требований к качеству подготовки выпускника и является такой характеристикой, которая позволяет выпускнику эффективно реализовывать профессиональные возможности в переменчивых условиях современного рынка труда. Варьируя часами учебного плана, можно получить механизм повышения компетентности выпускника.

В качестве примера будем рассматривать подготовку бакалавров Пермского государственного педагогического университета (ПГПУ) по направлению физико-математического образования (направление подготовки 050100, профиль математика).

Набор специальных компетенций, которые должны сформироваться у выпускника к концу обучения, это:

- владеет основными положениями классических разделов математической науки, базовыми идеями и методами математики, системой основных математических структур и аксиоматическим методом (СК-1);

- владеет культурой математического мышления, логической и алгоритмической культурой, способен понимать общую структуру математического знания, взаимосвязь между различными математическими дисциплинами, реализовывать основные методы математических рассуждений на основе общих методов научного исследования и опыта решения учебных и научных проблем, пользоваться языком математики, корректно выражать и аргументировано обосновывать имеющиеся знания (СК-2);

- способен понимать универсальный характер законов логики математических рассуждений, их применимость в различных областях

человеческой деятельности, роль и место математики в системе наук, значение математической науки для решения задач, возникающих в теории и практике, общекультурное значение математики (СК-3);

- владеет математикой как универсальным языком науки, средством моделирования явлений и процессов, способен пользоваться построением математических моделей для решения практических проблем, понимать критерии качества математических исследований, принципы экспериментальной и эмпирической проверки научных теорий (СК-4);

- владеет содержанием и методами элементарной математики, умеет анализировать элементарную математику с точки зрения высшей математики (СК-5);

- способен ориентироваться в информационном потоке, использовать рациональные способы получения, преобразования, систематизации и хранения информации, актуализировать ее в необходимых ситуациях интеллектуально-познавательной деятельности (СК-6);

- владеет основными положениями истории развития математики, эволюции математических идей и концепциями современной математической науки (СК-7).

Будем считать, что основными параметрами влияния на компетентность выпускника являются:

- количество часов на лекции(X1);
- количество аудиторных часов(X2);
- количество часов на семинарские занятия(X3);
- количество часов на самостоятельную подготовку(X4).

Чтобы оценить влияние этих параметров на сформированность той или иной компетенции среди преподавателей, формирующих каждую компетенцию, был проведен опрос: «В какой степени каждый тип часов, предусмотренный планом, влияет на формирование компетенции?». Данные результаты были записаны с позиции нечетких чисел [2], где функция принадлежности и показывает степень влияния часов на усвоение компетенции. Результаты исследований сведены в табл. 1:

Для СК-1:

Для каждого ЛПР было получено распределение результатов формирования разных уровней компетенций:

- Базовый(Y1)
- Продвинутый(Y2)
- Креативный(Y3)

Эти результаты сведены в табл. 2.

Таблица 1

	X1	X2	X3	X4
ЛПР 1	(0/x1)	(0,4/x2)	(0,2/x3)	(0,6/x4)
ЛПР 2	(0,6/x1)	(0/x2)	(0,4/x3)	(0,8/x4)
ЛПР 3	(0,2/x1)	(0/x2)	(0,8/x3)	(0,4/x4)
ЛПР 4	(0,2/x1)	(0,4/x2)	(0,2/x3)	(0,4/x4)
ЛПР 5	(0,2/x1)	(0,6/x2)	(0,4/x3)	(0,4/x4)

Таблица 2

	Y1	Y2	Y3
ЛПР 1	(0,2/y1)	(0,5/y2)	(0,3/y3)
ЛПР 2	(0,1/y1)	(0,5/y2)	(0,4/y3)
ЛПР 3	(0,2/y1)	(0,8/y2)	(0/y3)
ЛПР 4	(0,4/y1)	(0,5/y2)	(0,1/y3)
ЛПР 5	(0/y1)	(0,6/y2)	(0,4/y3)

Для каждого ЛПР имеется вектор управления X и вектор состояния Y (по существу связь элементов таблиц 1 и 2). Отображение $X \rightarrow Y$ запишем с помощью матрицы отношений R ($X * R = Y$). Так, например, для ЛПР 1 получим: $(0;0,4;0,2;0,6) * R_1 = (0,2;0,5;0,3)$. Аналогичные соотношения можно получить для всех остальных ЛПР. В конечном итоге получаем матрицы отношений R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 . В результате, для СК-1 можно получить общую матрицу R (объединяя всех R_i).

Полученная матрица R нужна для получения оптимального вектора управления X^* , который будет доставлять максимум вектору Y_{\max} , наиболее приближенному к вектору $Y^* = (0,0,1)$.

Запишем матрицы R для каждого ЛПР:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{ЛПР1}} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0,2 & 0,4 & 0,3 \\ 0,2 & 0,2 & 0,2 \\ 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{pmatrix}, & R_{\text{ЛПР2}} &= \begin{pmatrix} 0,1 & 0,5 & 0,4 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0,1 & 0,4 & 0,4 \\ 0,1 & 0,5 & 0,4 \end{pmatrix} \\
 R_{\text{ЛПР3}} &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0,2 & 0,8 & 0 \\ 0,2 & 0,4 & 0 \end{pmatrix}, & R_{\text{ЛПР4}} &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0,4 & 0,4 & 0,1 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0,4 & 0,4 & 0,1 \end{pmatrix} \\
 R_{\text{ЛПР5}} &= \begin{pmatrix} 0 & 0,2 & 0,2 \\ 0 & 0,6 & 0,4 \\ 0 & 0,4 & 0,4 \\ 0 & 0,4 & 0,4 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Для нахождения обобщенной матрицы отношений (для всех ЛПР) необходимо провести операцию объединения. В результате получим.

$$R = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,5 & 0,4 \\ 0,4 & 0,6 & 0,4 \\ 0,2 & 0,8 & 0,4 \\ 0,4 & 0,5 & 0,4 \end{pmatrix}$$

Постановка задачи оптимизации:

Для решения задачи оптимизации был использован метод Хука-Дживса. В результате решения юыл получен вектор управления $X^*=(0,2;0;0,4;0,4)$ (соответственно $Y_{\max}=(0,2;0,4;0,4)$).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что больше всего влияние на усвоение компетенции СК-1 оказывают часы на семинарские занятия и самостоятельную подготовку. Наименьшее влияние оказывают аудиторные часы. При внесении изменений, соответствующих полученным данным, в учебный план, мы можем добиться максимального усвоения компетенции на разных уровнях обучения. Если проделать описанную выше процедуру для оставшихся компетенций, предусмотренных в ФГОС ВПО третьего поколения, можно получить оптимальную образовательную траектория обучения бакалавра ПГПУ по направлению «Физико-математическое образование».

Список литературы

1. Столбова И.Д., Симонов Ю.Н., Коковьякина С.А. Проектирование целей и результатов основных образовательных программ высшего профессионального образования в компетентностном формате / под ред. Н.Н. Матушкина. – Пермь: Изд-во Перм. гос. Техн. Ун-та, 2008. – 114 с.

2. Гитман М.Б. Введение в стохастическую оптимизацию: учеб. Пособие. – Пермь: Изд-во Перм.гос. тех. Ун-та, 2008. – 104 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВЕКТОРА УПРАВЛЕНИЯ УСПЕВАЕМОСТЬЮ ШКОЛЬНИКА

А.А. Тимирова

*Пермский государственный педагогический университет,
Пермь, Россия, Timirova_Alla@mail.ru*

На успеваемость ученика влияет большое количество различных факторов, в том числе, его эмоционально-личностные характеристики, усердие при подготовке домашних заданий, выполнение учебных требований и т. д.

Проведенные исследования показывают, что наиболее значимыми из них являются: показатель тревожности, уровень учебной мотивации, усердие при выполнении домашних заданий, выполнение требований учителя. [4]

Попытаемся связать эти факторы с успеваемостью, используя аппарат теории нечетких множеств.

По существу, данная задача представляет собой нечеткое условное предложение, которое можно записать в виде: “если A_1 , то B_1 , иначе, если A_2 , то B_2 , иначе, ..., если A_n , то B_n ”, где $A_1, B_1, A_2, B_2, \dots, A_n, B_n$ - соответствующие нечеткие множества.

[1] При этом множества A_i , $i = \overline{1, n}$, характеризуют деятельностные аспекты и эмоционально-личностные характеристики школьника, а B_i , $i = \overline{1, n}$, - характеризуют его успеваемость.

В нашем случае эта задача формулируется следующим образом: Если показатель тревожности младшего школьника низкий, уровень

учебной мотивации высокий, ученик выполняет требования педагога и готовит домашние задания, то успеваемость школьника будет высокой.

С позиции нечетких множеств возможна следующая запись условий:

Пусть

$A =$ Низкий уровень тревожности =

$(0,1/9; 0,3/8; 0,4/7; 0,5/6; 0,6/5; 0,7/4; 0,8/3; 0,9/2; 1/1)$ (стены) – по шкале явной тревожности СМАС. [4]

$B =$ Выполняет требования учителя =

$(0,1/1; 0,3/2; 0,5/3; 0,8/4; 1/5)$ (количество выполненных требований из каждых 5 требований).

$C =$ Выполняет домашние задания =

$(0,1/1; 0,2/2; 0,4/3; 0,7/4; 1/5)$ (количество выполненных домашних заданий из каждых 5 домашних заданий).

$D =$ Мотивация высокая =

$(1/30; 0,9/28; 0,8/26; 0,7/19; 0,6/17; 0,5/15; 0,42/14; 0,26/12; 0,1/10)$ (баллы) –методика Л.Г. Лусканова. [4]

Уравнение типа равенства представляет собой описанную выше задачу выбора.

$Y =$ Успеваемость высокая = $(0/2; 0,3/3; 0,8/4; 1/5)$ (оценка).

Теперь по каждому из условий находим оптимальное решение Y_i , $i = \overline{1,4}$, тогда общее решение по принципу обобщения Заде, примет вид:

$$Y = Y_1 \cap Y_2 \cap Y_3 \cap Y_4.$$

$$m_{Y_1 \cap Y_2 \cap Y_3 \cap Y_4} = \min(m_{Y_1}(u), m_{Y_2}(u), m_{Y_3}(u), m_{Y_4}(u), u \in U).$$

Все вычисления производит программа, написанная на языке программирования Pascal.

Нас интересует максимально возможный результат, то есть, при каких показателях тревожности, учебной мотивации, частоте выполнений домашних заданий и требований учителя, школьник будет иметь наиболее высокую успеваемость.

С математической точки зрения, данная задача является задачей оптимизации. Ее решение позволит найти тот вектор управления, с помощью которого можно достичь максимально возможных результатов.

Например, при

$A = (0,1/9; 0,1/8; 0,1/7; 0,1/6; 0,1/5; 0,1/4; 0,1/3; 0,1/2; 1/1)$,
 $B = (0,1/1; 0,1/2; 0,1/3; 0,1/4; 1/5)$,
 $C = (0,1/1; 0,1/2; 0,1/3; 0,1/4; 1/5)$,
 $D = (1/30; 0,1/28; 0,1/26; 0,1/19; 0,1/17; 0,1/15; 0,1/14; 0,1/12; 0,1/10)$,
мы получаем

$Y = (0/2; 0,3/3; 0,8/4; 1/5)$, то есть в данном случае успеваемость школьника будет наиболее высокой. Таким образом, улучшая различные показатели (A, B, C или D) можно проследить каким образом каждый показатель влияет на успеваемость ребенка.

Список литературы

1. Введение в матем. моделирование: Учеб. пособие / Под ред. П.В. Трусова. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
2. Гитман М.Б. Введение в теорию нечетких множеств: Учебное пособие / М. Б. Гитман. Ч. 1. Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2001. – 49 с.
3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
4. Психологические задания на период педагогической практики: учебно-методическое пособие. Учебно- методическое пособие для студентов выпускных курсов. В 2 ч. Ч II / под ред. Е.А.Силиной; Перм. гос. пед. ун-т. – Пермь, 2005. - 111 с.

ЭКСПЛИКАЦИЯ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА НЕГЭНТРОПИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА

А.Н. Данилов, И.Д. Шарыбин

*Пермский государственный технический университет, Россия
sharybin-i-d@yandex.ru*

Образовательная деятельность современного университета представляет собой сложную социально-техническую систему. Имеется целый ряд подходов к управлению подобными системами, каждый из которых характеризуется набором преимуществ, недостатков и ограничений [1].

В работе [2] детализирован взгляд на систему управления учебным процессом, реализующую совокупность принципов прямого

управления, а также управления по возмущению и отклонению. Центральным звеном системы управления при этом является элемент сравнения уровня достигнутых результатов с желаемыми, в качестве которого может выступать подсистема тестирования.

В работе [3] проанализированы возможности и ограничения, обусловленные взглядом на образовательную деятельность крупного университета как на открытую или закрытую систему. Показано, что по целому ряду соображений синергетический подход к управлению образованием и воспитанием мог бы стать наиболее приемлемым и перспективным. Антиподом рассмотренной модели открытой системы может служить предложенная в [3] модель не взаимодействующей со средой закрытой системы образования. Энтропия закрытой системы даже теоретически не может убывать, практически же энтропия замкнутых систем возрастает.

Универсальным средством повышения качества образовательной деятельности могло бы стать преобразование закрытой образовательной системы в открытую. Однако вектор развития социально-экономических и политических процессов не позволяет рассчитывать на то, что в обозримом будущем правила ведения образовательной деятельности будут определять ее непосредственные участники – учащиеся, их родственники, работодатели и другие заинтересованные стороны. В случае же рассмотрения системы образования как закрытой управление образовательной деятельностью высшего учебного заведения может заключаться не в создании только лишь условий для последующего возможного саморазвития, а в прямом измерении энтропии процессов обучения и воспитания и ее искусственном понижении.

Подобный подход существенно отличается от принципов управления, рассматриваемых, например, в классической теории управления тем, что для его реализации необязательно знать оптимальные или рациональные параметры, «настройки» системы, и даже ее требуемые характеристики, т.е. значения отсчетов в характерных точках, характеризующие процессы, протекающие в системе. Вместо этого необходимо и достаточно фиксировать наличие признаков, указывающих на наличие энтропийных проявлений в системе. Такими признаками могут быть, например, невостребованность выпускников на рынке труда, или недопустимо низкие результаты контроля остаточных знаний студентов. Другими словами, вместо попытки сформулировать показатели качества образовательной деятельности высшего учебного заведения, пригодные для прямого измерения и использования в системе управления по отклонению, предлагается формулиро-

вать показатели «некачественности», трактуя понятие «качества образования» как отсутствие проявлений «некачественности» в системе образования и результатах образовательной деятельности. В этом случае управленческие воздействия на образовательный процесс могут рассматриваться как попытки понизить энтропию системы путем искусственного добавления в нее отрицательной энтропии, или негэнтропии, компенсирующей естественное накопление энтропии. Центральным условием применимости такого подхода является возможность построения матрицы «источник (проявление) энтропии – метод (средство) добавления негэнтропии».

Конструктивным (гарантированно приводящим к искомому результату) методом синтеза указанной матрицы может быть экспликация т.е. метод раскрытия сущности того или иного процесса через некоторый набор иных процессов, включая следующие этапы:

- формирование исходного множества признаков, параметров и характеристик, через которые осуществляется перенос и замещение свойств от эксплицируемого процесса к эксплицирующим;

- формирование набора процессов - носителей выделенных признаков;

- собственно экспликация, т.е. выражение выделенных признаков эксплицируемого процесса через сформированный набор эксплицирующих процессов.

Условиями применимости метода экспликации является независимость процессов, эксплицирующих исследуемый процесс, а также их различимость (выделенность), обеспечивающая строгую определённую границу (рамку) замещающих признаков, параметров и характеристик.

В качестве эксплицируемого процесса в системе управления качеством образовательной деятельности, использующей принцип управления по отклонению, целесообразно рассматривать процесс контроля знаний и умений студентов средствами, в частности, компьютерного тестирования, а в качестве предмета экспликации – результаты такого контроля. Тогда исходное множество свойств (признаков, параметров и характеристик) процесса контроля и его результатов должно включать в себя проявления

- некачественности используемых тестов;

- некачественности процедуры тестирования;

- некачественности применяемых в обучении и воспитании образовательных технологий;

- некачественности результатов образовательной деятельности.

В соответствии с полученным набором свойств формируется набор процессов – носителей выделенных признаков:

- процесс контроля качества используемых баз тестовых заданий в разрезе полноты, уровня сложности, дифференцирующей способности и т.д.;

- процесс контроля качества процедуры тестирования в разрезе соответствия предъявленных студентам заданий формуле тестирования, ретестовой надежности валидности и т.д.;

- процесс контроля качества образовательных технологий в разрезе соответствия требованиям ФГОС, учебным планам и рабочим программам дисциплин, а также возможного наличия проявлений конфликтных ситуаций и коррупционных схем;

- процесс контроля результатов образовательной деятельности и качества знаний студентов в разрезе полноты, глубины, оперативности, гибкости, осознанности, прочности и т.д.

Из структуры процессов – носителей вытекает алгоритм негэнтропийного управления. После завершения всех видов занятий по учебной дисциплине студенты подвергаются контролю уровня приобретенных ими знаний и навыков, проводимому в форме компьютерного тестирования. Результаты контроля накапливаются в базе данных и, по мере накопления, используются для формирования управленческих решений. В первую очередь необходимо проконтролировать и добиться приемлемого качества проверочных тестов и процедуры тестирования. Тесты должны соответствовать заданным критериям полноты, сложности, надежности, дифференцирующей способности, эквивалентности, валидности и т.д. Процедура тестирования должна обеспечивать предъявление студентам тестов примерно равной сложности, охватывающих все разделы и темы изученной учебной дисциплины.

Только после этого система управления качеством образования приступает к оценке качества образовательных технологий, используемых в преподавании данной дисциплины. Показатели качества освоения каждой студенческой группой каждого модуля данной учебной дисциплины должны находиться в корреляционной связи с результатами освоения этой же группой других учебных дисциплин, а также с результатами освоения его другими студенческими группами. Иной результат может свидетельствовать о несоответствии уровня преподавания данной учебной дисциплины уровню учебного заведения, о нарушениях учебной дисциплины или о наличии конфликтов в коллективе.

И только после того, как появляется уверенность в приемлемом качестве обучения и контроля результатов учебного процесса, стано-

вится возможным использование результатов тестирования для выработки необходимых предупреждающих и корректирующих действий в отношении студентов.

Список литературы

1. Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Гилязов Р.Л. Управление социально-техническими системами с учетом нечетких предпочтений. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 272 с.

2. Данилов А.Н., Столбов В.Ю., Шарыбин И.Д.. Модель управления качеством учебного процесса на основе контроля знаний студентов // Труды Международной научно-практической конференции «Проблемы стандартизации в образовании и пути их решения». – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2009. – С. 280-288.

3. Шарыбин И.Д., Василенко С.В. Негэнтропийный подход к управлению качеством высшего образования как большой информационной системы // Материалы VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». Т. 2. – Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2010. – С. 380-388.

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

А.С. Елисеев

*ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет»,
г. Пермь, Российская Федерация, alexander.elyseev@gmail.com*

Современные рыночные условия усиливают и ожесточают внутриотраслевую конкуренцию предприятий, повышают требования к качеству продукции. Одним из важных показателей уровня качества производства является его устойчивость, т.е. невосприимчивость к внешним воздействиям. Процесс производства, его непрерывность, уровень брака, соответствие плану и т.д., как правило, зависят от огромного множества условий: своевременная поставка сырья, работоспособность оборудования и сотрудников, погодные условия и многое другое. Нарушение любого условия влечет за собой разлаженный ход производства, вплоть до полной остановки производства, что недопустимо. Свойство устойчивости производственной системы может с некоторой степенью достоверности гарантировать, что при изменении

ях внешних условий уровень качества производства останется на приемлемом уровне. Эта способность особенно важна в нынешних, постоянно изменяющихся условиях рынка, при общей нестабильности экономики в целом.

Так как полное и всеобъемлющее исследование устойчивости производства является громоздкой и сложной задачей, в данной работе ограничимся лишь кратким рассмотрением способов повышения устойчивости самого производства и устойчивости системы контроля качества (СКК).

Один из существующих методов, позволяющих контролировать как процесс производства, так и непосредственно его устойчивость носит название «метода Тагути». По сути это философская концепция качества и ряд методов, позволяющих его улучшить. В основе метода лежат [4]:

- принцип робастного проектирования;
- функция потерь качества;
- цель метода – снижение влияний факторов («помех»), снижающих качество продукции, путем правильного выбора «управляемых» параметров;
- идея метода – требуется нечувствительность систем к внешним факторам, т.е. устойчивость;

Минимизация факторов, максимально влияющих на ход производства, проходит с использованием методов статистического планирования эксперимента, рассмотрение которого выходит за рамки данной работы.

Для организации выборочного контроля следует задать систему правил, именуемых *планом контроля*, в котором указывается порядок отбора изделий для проверки и их количество, достаточное для принятия решения о браковке или приемке партий в целом, или о дальнейшем продолжении контроля.

Будем рассматривать только планы *однократной выборки*, которые однозначно определяются тремя параметрами: N – объем партии, n – объем выборки, c – *приёмочное число*.

Основным показателем СКК является его *рабочая характеристика*, это некоторая функция $p(D)$, определяющая вероятность принятия партии, содержащей долю дефектных изделий, равную D . Исходя из этого, идеальная СКК должна точно пропускать партии с приемлемым процентом брака, и не пропускать партии с превышенным процентом брака. График рабочей характеристики идеальной СКК представлен на рис. 1, реальной СКК - на рис. 2.

Будем считать СКК P_b - *устойчивой*, если вероятность P_b найти менее, чем c бракованных деталей в выборке из n элементов, сделанной из партии в N элементов с реальным процентом брака $p \geq p_b$, не превосходит некоторого критического значения b , где p_b – максимально допустимая доля брака, с точки зрения покупателя, ЛТПД; b – соответствующая p_b вероятность ошибки 2-го рода.

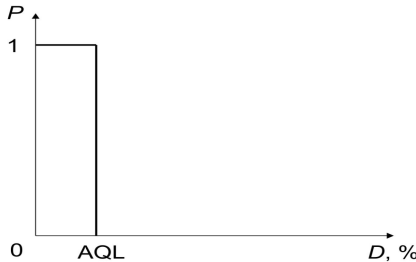


Рис. 1. Рабочая характеристика идеальной СКК

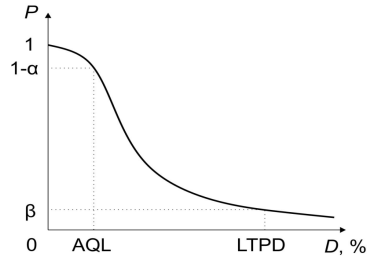


Рис. 2. Рабочая характеристика реальной СКК

Такая формулировка вероятностной устойчивости, по сути, является частным случаем определения, данного в работе [2], согласно которому, для вероятностного пространства (Ω, F, P) , если для любых значений вероятности P^* найдется такое значение вероятности $P^{**}(P^*)$, что для любого числа $e > 0$ найдется число $d(e) > 0$, такое, что при выполнении условия

$$\forall t P(\|A - A^*\| < d) \geq P^{**},$$

для любого $t > t_0$ выполняется неравенство

$$P(\|x - x^*\| < e) \geq P^*,$$

то невозмущенный процесс \mathbf{P} -устойчив. В противном случае невозмущенный процесс \mathbf{P} -неустойчив. Аналогичный вариант P_b -устойчивости можно определить следующим образом: если при заданных b и p_b для любых $p > p_b$ удаётся найти $n \in [n_1, n_2], n \in \mathbf{N}, c \in [c_1, c_2], c \in \mathbf{N}$, такие, что

$P(d(n, p) \leq c) \leq b$, то СКК является P_b -устойчивой. На рис. 3 приведен пример кривых рабочих характеристик, соответствующих P_b -устойчивым СКК.

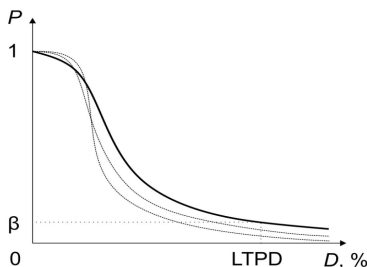


Рис. 3. Графическое представление P_b -устойчивых СКК

Из графика видно, что P_b -устойчивыми являются все СКК, рабочая характеристика которых при $p > p_b$ лежит ниже $P = b$. В данном случае, параметры b и p_b задают аналогичные e -окрестности, используемые в приведенном выше определении вероятностной устойчивости, определяющие интервалы устойчивости.

Такая формулировка вероятностной устойчивости не является устойчивостью самой операции как таковой, а есть устойчивость в смысле надежности СКК.

Задача предприятия – выбрать такие параметры плана выборочного контроля, при которых при минимальной выборке из партии будет достигаться приемлемая вероятность α - и b -ошибок в совокупности с устойчивостью самой системы контроля. Таким образом, может быть поставлена задача оптимизации параметров СКК, а именно, для заданных параметров СКК (LTPD и b , общий объем партии) найти такие минимальные значение n при заданном c , которые являются параметрами P_b -устойчивого плана СКК. На рис. 4 представлены результаты моделирования зависимости $n(c)$.

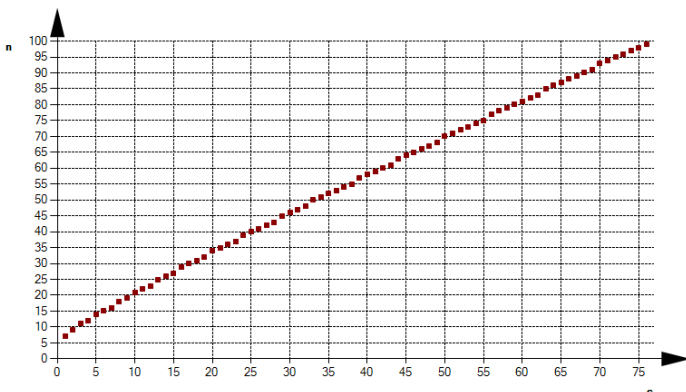


Рис. 4. Результаты моделирования зависимости $n(c)$

Список литературы

1. Гэлловэй Л. Операционный менеджмент (Принципы и практика). сер. Теория и практика менеджмента. СПб.: Питер, 2001. 320 с.
2. Гитман М.Б. Введение в стохастическую оптимизацию: Учебное пособие. Пермь: Изд. Перм. гос. техн. ун-т., 2000. 96 с.
3. ГОСТ Р 50779.70-99. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку.
4. Леон Р., Шумейкер А, и др. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. Пер. с англ. – М.: «СЕЙФИ» 2002. – 384 с.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

А.Н. Данилов, Н.А. Ильных, И.Д. Столбова
*Пермский государственный технический университет,
 г. Пермь, Россия, uti@pstu.ru*

В системе дополнительного профессионального образования (ДПО) в настоящее время происходит переход на образовательные стандарты нового поколения, идеологической основой которых выступает компетентностный подход. Компетентностная модель специалиста представляет собой описание того, каким набором общекультур-

ных и профессиональных компетенций должен обладать выпускник ДПО для успешной работы в своей профессиональной области [1]. Образовательный процесс при компетентностном подходе идентичен процессу формирования у обучаемого требуемого набора компетенций с заявленным уровнем освоения.

Качественный процесс компетентностно-ориентированного обучения требует разработки методологии и показателей качества, позволяющих контролировать процесс формирования компетенций выпускников ДПО на всех этапах освоения образовательной программы [2].

Следуя процессному подходу, предметную подготовку по программе ДПО можно представить как последовательность учебных модулей (проблемно-целевых семинаров, психологических тренингов и др.), направленных на формирование заявленных предметных компетенций, структура которых должна соответствовать разработанной компетентностной модели выпускника ДПО.

Иерархию построения целей предметной подготовки можно представить тремя уровнями. На верхнем уровне иерархии находится компетентностная модель выпускника ДПО, которая считается заданной и отвечает задачам и требованиям к должности сотрудника. Второй уровень – компетентностные модели сфер деятельности (КМСД), реализующие обучение, повышающие компетентность сотрудника в разных сферах деятельности (управленческая, профессиональная, наставничество и др.). Нижний уровень иерархии – цели обучения конкретного сотрудника в рамках освоения определенной сферы деятельности с учетом его желаний и возможностей, целей руководства компании. Набор индивидуальных составляющих по всем освоенным сферам деятельности определяет индивидуальную образовательную траекторию обучаемого и формирует заданную компетентностной модели профессиональной подготовки (ПКМ).

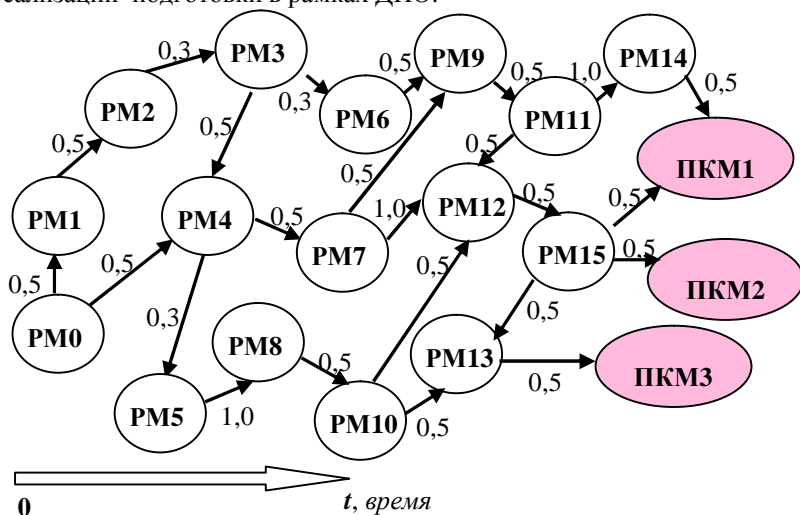
Вид ПКМ определяется числом составляющих (частей) компетенций сотрудника, входящих в КМСД по всем сферам деятельности, и уровнем их освоения. Предполагается три уровня освоения каждой части: пороговый, продвинутый, креативный.

Структура и содержание профессиональной подготовки, в том числе и содержание модулей освоения сфер деятельности, могут быть разработаны на основании методики, подробно представленной в [3]. Следует отметить, что возможности обучаемых различны и при формировании компетенций необходимо учитывать индивидуальные особенности сотрудников. Использование модульного принципа построения образовательной программы дает возможность ее вариативного

освоения посредством индивидуально подобранной последовательности изучения учебных модулей, подходящей конкретному сотруднику.

Для построения системы управления предметной подготовкой предлагается построить сетевой график предметного обучения, представляющий собой совокупность возможных образовательных траекторий, приводящий к реализации той или иной группы целей предметной подготовки. Пример построения такого сетевого графика приведен на рисунке. Данный сетевой график является ориентированным и взвешенным графом [4]. Узлами данного графа являются текущие результаты по формированию профессиональных компетенций в ходе освоения того или иного образовательного модуля (PM). Стрелками указаны процессы освоения образовательных модулей. Цифра рядом со стрелкой показывает трудоемкость соответствующего модуля в зачетных единицах.

Путем графа будем называть последовательность связанных модулей, которая образует образовательную траекторию профессиональной подготовки. Если путь соединяет начальную точку 0 (вход в профессиональную подготовку) с конечным состоянием (сформированной профессиональной компетентностной моделью), то такой путь называется полным и может считаться одним из возможных вариантов реализации подготовки в рамках ДПО.



Пример сетевого графика профессиональной подготовки

Длина пути определяется совокупностью освоенных модулей, а суммарная трудоемкость профессиональной подготовки определяется как сумма трудоемкостей отдельных модулей, входящих в данный путь.

Очевидно, что освоить подготовку по ДПО с тем или иным качеством (с определенным уровнем освоения профессиональных компетенций) возможно по различным путям графа (образовательным траекториям).

Образовательная траектория зависит не только от начальной подготовки сотрудника, но и текущего контроля освоения учебных модулей. Например, на рисунке показано, что после изучения 3-го модуля участок траектории к 9-му модулю можно пройти по-разному в зависимости от достигнутых результатов РМЗ:

1: РМ3- РМ6- РМ9...

2: РМ3- РМ4- РМ7- РМ9...

Таким образом, возникает задача выбора такой оптимальной образовательной траектории, которая обеспечивает гарантированный уровень освоения профессиональных компетенций и характеризуется минимальной суммарной трудоемкостью. Для решения этой задачи необходимо разработать методику адаптивного управления индивидуальными образовательными траекториями.

Алгоритм выбора оптимальной образовательной траектории сотрудника состоит из следующих этапов: формирование целей профессиональной подготовки сотрудника, исходя из результатов входного контроля и определение компетентностной модели, позволяющая реализовать эти цели; построение индивидуального сетевого графика. В случае построения индивидуальной образовательной траектории общая задача управления качеством обучения в рамках ДПО сводится к частной задаче управления, являющейся стандартной задачей о кратчайшем пути на заданном графе [5], в которой осуществляется выбор образовательной траектории с минимальной суммарной трудоемкостью всех осваиваемых учебных модулей и происходит корректировка (адаптация) образовательной траектории после изучения каждого модуля.

Очевидно, что, повышая мотивации обучения, данный алгоритм позволяет «подсказать сотруднику» возможные варианты его дальнейшего профессионального обучения, а, следовательно, и карьерного роста. У работодателя появляется эффективный инструмент управления индивидуальными образовательными траекториями сотрудников и повышения их осознанной мотивации к развитию своего профессио-

нального уровня и формированию компетенций в новых сферах деятельности.

Список литературы

1. Проектирование целей и результатов основных образовательных программ высшего профессионального образования в компетентностном формате: методические рекомендации / сост. И. Д. Столбова, Ю.Н. Симонов, С.А. Коковьякина; под ред. проф. Н. Н. Матушкина. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. 114 с.

2. Матушкин Н.Н., Столбова И.Д. Методологические аспекты разработки структуры компетентностной модели выпускника высшей школы // Высшее образование сегодня. 2009. № 5. С. 24-29.

3. Столбова И.Д. Механизмы управления содержанием компетентностно ориентированной основной образовательной программы вуза // Высшее образование сегодня. 2011. № 1. С. 32-37.

4. Лекции по теории графов / Емеличев В.А. и др. 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком» / URSS, 2009. 392 с.

5. Таха, Хэмди А. Введение в теорию исследования операций. 7-е издание: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 912 с.

ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЫНКОВ И РЫНОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

К.А. Гуреев, О.С. Голубева

*Пермский государственный технический университет,
Пермь, Россия, gureev.prof@gmail.com*

«Биржа - касса мира.

О, не спрашивай, что в сундуке том есть...»

Отто Штиллих

Знающие одно из знаменитейших высказываний Густава Гроссеттера, перевод которого был опубликован в книге Отто Штиллиха «Биржа и её деятельность», прекрасно помнят, что пытался сказать автор. По мнению многих учёных и исследователей, биржа – самый явный результат глобализации. Не согласиться с этим мнением крайне трудно.

Рынок, понимаемый как механизм, сводящий вместе продавцов и покупателей, оценивающих продукт и признающих его необходимость, в классической трактовке, обладает рядом функций:

- информационная - рынок дает его участникам информацию о необходимом количестве товаров и услуг, их ассортименте и качестве;
- посредническая - рынок выступает посредником между производителем и приобретателем;
- ценообразующая - стоимость складывается на рынке на основе взаимодействия спроса и предложения, с учетом конкуренции;
- регулирующая - рынок приводит в равновесие спрос и предложение;
- стимулирующая - рынок побуждает производителей создавать нужные обществу экономические блага с наименьшими расходами и получать достаточную выгоду.

Каждая из функций, как показала мировая история, является предпосылкой и основой экономической глобализации, под которой понимается усиление взаимозависимостей национальных экономик в связи с увеличением скорости движения и объемов товаров, услуг, технологий и капиталов через государственные границы [1]. Процесс усиления экономической интеграции между странами, приводит к слиянию отдельных национальных рынков в один всемирный рынок [2]. В последние годы авторы отмечают стремительное увеличение темпов данного явления, указывая на то, что он был инспирирован процессом интеграции экономик развитых стран с экономиками развивающихся.

В основе глобализации, в том числе, лежит процесс открытия национальных рынков и их агрегирование, на основе которого формируется мировой рынок. Это новое образование должно рассматриваться как однородная среда, предполагающая продажу однородного товара или услуги многочисленной группе потребителей. Лишь при этом условии ценность рынка, объявленная в его основных функциях, будет полностью реализована.

Однако, множественные рынки, по свидетельствам авторов, не могут соответствовать данному критерию их ценности [3] и по этой причине полностью не реализуют свои функции, в отличие от бирж, представляющих собой глобальные рынки, отвечающие перечню критериев:

- торговля заменимыми товарами;
- наличие организации деятельности;
- формирование официальных курсов и котировок.

С позиции моделирования рынков данные критерии имеют немаловажное значение. Во-первых, заменимость товаров, предполагающая, что на биржевые торги попадают лишь соответствующие качественным характеристикам продукты, что в значительной степени сокращает как универсальные модели, созданные на основе деревьев

предпочтений и матриц нечёткой свёртки, так и индивидуальные продуктовые, являющие собой сочетание представлений потребительского спроса и рыночного предложения. В частности, если обратиться к созданной модели рынка аренды коммерческой недвижимости, представленной в более ранних работах, то не трудно заметить, что «весомая» часть дерева критериев может не обрабатываться, что снижает трудоёмкость операции моделирования.

Наличие организации деятельности привносит упорядоченность в процесс моделирования, т.к. вероятность того, что произойдут отклонения от намеченного курса, снижается. Основой данного утверждения является требование организаторов биржевых торгов в отношении отзыва сделок – любой выставленный ордер на сделку является безотзывным. В действительности, участник сделки может компенсировать ожидаемые потери, если таковые имеют место быть, лишь совершив новую сделку противоположного значения, но это уже другая сделка.

Формирование официальных курсов и котировок, в условиях использования указанного метода моделирования и требований к построению экономических микромоделей спроса и предложения, имеет важное значение. Ценность поступающей информации заключается в возможности достаточно часто пересматривать модель и получаемые результаты, что не допустит формирования серьёзных отклонений. Здесь даже можно предположить, что использование современных компьютерных технологий позволит автоматизировать процесс отслеживания корректировки моделей и результатов [5].

По каким же причинам невозможно представить всю торговлю в соответствии с биржевыми законами?

С одной стороны существуют различные потребительские предпочтения, выражающиеся в требованиях к сочетанию качества, цены, обслуживания, доступности и др. С другой – различные требования продавцов к уровню доходности, неравнозначные возможности в отношении инвестирования, разноуровневые соответствия собственных предпочтений потребительскому спросу.

В основном объектами биржевых сделок является сырьевая группа товаров, определение котировок и цен на которые влияет на стоимость конечной продукции. Также требуется отметить, что не все виды ресурсов реализуются в биржевой торговле, а лишь те, что можно классифицировать по группам качества и используемые в максимально большом количестве отраслей. При этом в биржевой торговле участвует некоторая группа «конечных» товаров, что также свидетельствует об их широкой распространённости среди потребителей.

По сути, если переходить к вопросу о государственном вмешательстве в рыночную деятельность, то можно утверждать, что не обязательно рассматривать все рынки в качестве объектов управления. Требуется лишь выделить некоторую их группу, воздействие на которую повлечёт за собой изменение на всех уровнях.

В настоящее время на товарных биржах в мире продаётся около 100 биржевых товаров. На их долю приходится около 20 % международной торговли [4]. Эти товары можно условно объединить в следующие группы:

- энергетическое сырьё: нефть, дизельное топливо, бензин, мазут, пропан;

- цветные и драгоценные металлы: медь, алюминий, свинец, цинк, олово, никель, золото, серебро, платина и др.;

- зерновые: пшеница, кукуруза, овёс, рожь, ячмень, рис;

- маслосемена и продукты их переработки: льняное и хлопковое семя, соя, бобы, соевое масло, соевый шрот;

- живые животные и мясо: крупный рогатый скот, живые свиньи, бекон;

- пищевкусовые товары: сахар-сырец, сахар рафинированный, кофе, какао-бобы, картофель, растительные масла, пряности, яйца, концентрат апельсинового сока, арахис;

- текстильное сырьё: хлопок, джут, натуральный и искусственный шёлк, мытая шерсть и др.;

- промышленное сырьё: каучук, пиломатериалы, фанера.

Это весьма не полный перечень торгуемых товаров, но, по меньшей мере, достаточный для того, чтобы воздействовать через данные рынки на все экономические системы.

На основе вышесказанного можно сделать ряд важнейших заключений:

1. В условиях глобализации ключом к управлению рынком и рыночными отношениями является воздействие лишь на некоторую их часть;

2. Понимание устройства рынков и определение подходов к их управлению создадут условия для эффективного государственного управления;

3. Воздействие на рынке представляется наиболее эффективным в условиях влияния на глобальные рынки через биржевую торговлю, обладающую важным набором достоинств, упрощающих их моделирование с целью управления.

Список литературы

1. Joshi, Rakesh Mohan, (2009) International Business, Oxford University Press, New Delhi and New York.
2. Riley, T: «Year 12 Economics», page 9. Tim Riley Publications, 2005.
3. Валиуллин Х.Х., Третьякова Н.Н. Биржа и биржевое дело: Ученое пособие для вузов - Дубна: 2010. – 128 с.
4. Гуреев К.А. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений: монография / Харитонов В.А. [и др.] под науч. ред. В.А. Харитонova – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 342 с.
5. Стровский Л.Е., Казанцев С. К., Паршина Е.А. и др. Внешне-экономическая деятельность предприятия: Учебник для вузов — М: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. С. 613-632.

МОЩНОСТЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Е.В. Точилкина

КГТУ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, skatman@mail.ru

Под образовательным агрегатом в данной работе понимается некоторый объект, в котором протекает образовательный процесс, со всей обслуживающей его инфраструктурой. Инфраструктура образовательного агрегата включает в себя элементы и подсистемы, составляющие обеспечение функционирования образовательного процесса, без учета связей между ними. В качестве образовательного агрегата можно рассматривать школу, училище, институт. Они, в свою очередь, состоят из факультетов, кафедр, классов и т.п., каждый из которых также представляет собой объект с протекающим на нем образовательным процессом, т.е. является образовательным агрегатом. Таким образом, образовательный агрегат может быть разбит на более мелкие образовательные агрегаты или объединен с другими в более крупный образовательный агрегат.

Образовательный агрегат в общем случае представляет собой сложную систему и обладает множеством возможностей для выполнения различных функций и задач. Под сложными системами понимаются многорежимные, многофункциональные системы, которые могут выполнять разные задачи своими частями, подсистемами [1, 2]. Мощность образовательного агрегата представляет собой множество потенциальных возможностей обучения в рамках специализации образовательного агрегата. Под возможностью обучения подразумевается

обучение различным дисциплинам. Набор дисциплин определяет ту или иную специальность выпускника.

Мощность образовательного агрегата определяется его существующей инфраструктурой: основными, оборотными и трудовыми фондами. Это позволяет определить мощность образовательного агрегата как мощность его инфраструктуры.

Работа образовательного агрегата, как результат выполнения образовательного процесса, составит преподавание учащимся той или иной дисциплины. Видом работ принимается обучение одной дисциплине. Совокупность всех преподаваемых дисциплин составит номенклатуру работ образовательного агрегата [3].

Работы одного вида могут быть измерены в количестве обучаемых человек или в количестве групп, и их суммарное количество за выбранный промежуток времени T составит объем работы этого вида. Поскольку объем работы по обучению дисциплине есть величина скалярная, множество работ образовательного агрегата представляет собой множество работ элементарного вида [4].

Пусть образовательный агрегат A имеет возможность обучать n различным дисциплинам из некоторого конечного множества D , элементы d_i ($i = 1, n$) которого представляют собой преподаваемые дисциплины, n – количество элементов. Введем линейное n -мерное пространство R_w , направление ортов которого соответствуют определенным видам работ по обучению дисциплинам d_i ($i = 1, n$). Объемы работ по их обучению обозначим W_1, W_2, \dots, W_n . Общая работа, выполняемая агрегатом A , характеризуется вектором работ $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$, где W_i ($i = 1, n$) – объемы работ по обучению соответствующей дисциплине $d_i \in D$. Пространство R_w представляет собой пространство работ образовательного агрегата A [4].

Введем некоторое линейное функциональное пространство L_w кусочно-непрерывных вектор-функций от двух аргументов $w = w(t, t)$ ($t \in R, t > 0$), представляющих собой векторы функционирования образовательного агрегата. Каждая компонента $w_i = w_i(t, t)$ ($i = 1, n$) определяет объем работ по обучению дисциплине d_i , выполненной агрегатом A за интервал времени $[t, t + \tau)$.

В дальнейшем за характерный период функционирования образовательного агрегата T примем один семестр (учебное полугодие) и зададим $\tau = T$. При таком условии рассматриваемый период функционирования образовательного агрегата разбивается на интервалы с длительностью в один семестр, а вектор функционирования становится

функцией одного дискретного аргумента $t = t_k$, где $k=0, 1, 2, \dots$ - номер текущего семестра.

Пусть образовательный агрегат A состоит из p образовательных агрегатов-составляющих A_j ($j=1, p$). В качестве примеров подобных образовательных агрегатов можно привести кафедры, факультеты института и т.п. Каждый образовательный агрегат A_j способен выполнять работы по обучению ряду дисциплин, которые объединим в подмножества $D_j \subset D$, m_j – количество дисциплин j -го агрегата. Пусть выполняется условие $D_i \cap D_j = \emptyset$ для $i \neq j$, т.е. разные агрегаты не могут обучать одинаковым дисциплинам. Объединение множеств D_j дисциплин образовательных агрегатов A_j есть общее множество D дисциплин образовательного агрегата A . Элементы множеств D_j индексируем таким образом, что последовательность из m_{j+1} дисциплин образовательного агрегата A_{j+1} следует за последовательностью из m_j дисциплин образовательного агрегата A_j . Тогда принимаем, что множество D_j ($j=1, p$) состоит из элементов d_i ($i=1 + \sum_{k=1}^{j-1} m_k, \sum_{k=1}^j m_k$).

Каждый образовательный агрегат A_j ($j=1, p$) обладает мощностью E_w^j , представляющей собой, в рамках принятого выше определения, множество, образованное всеми возможными вариантами обучения групп студентов, которых образовательный агрегат A_j способен обучить на существующей инфраструктуре по различным дисциплинам из множества D_j за один семестр. Она определяется как множество $E_w^j = \{ w^j(t, T) = (X_{T_1}^j, X_{T_2}^j, \dots, X_{T_n}^j) \}$, где $X_{T_i}^j$ ($i=1, n$) – количество групп, которое образовательный агрегат A_j может обучить дисциплине $d_i \in D$ за один семестр. Для дисциплин $d_i \notin D_j$ элементы $X_{T_i}^j$ образовательного агрегата A_j равны 0. Суммарная мощность образовательных агрегатов A_j составит некоторое множество значений функций $w(t, T)$ и представляет собой общую мощность инфраструктуры образовательного агрегата A :

$$E_w = \{ w : w = \sum_{j=1}^p w^j(t, T), w_j \in E_w^j \subset L_w \} = \sum_{j=1}^p E_w^j,$$

где E_w^j – мощность образовательного агрегата A_j , входящего в состав образовательного агрегата A .

Виды работ по дисциплинам из множества дисциплин D агрегируются в специальности s_j ($j=1, q$), по которым образовательный агрегат A способен выпускать специалистов на существующей инфра-

структуре. Множество возможных специальностей составляют вектор специальностей S . Если у образовательного агрегата достаточно мощности для выполнения всех видов работ, составляющих множество дисциплин некоторой специальности $s_j \in S$, то работа по обучению данной специальности входит во множество доступных агрегату работ. Для совершения работы по обучению одной специальности s_j образовательный агрегат должен совершить последовательность работ по обучению всем дисциплинам $d_i \in D_{s_j}$, где D_{s_j} – множество дисциплин, входящих в специальность s_j . Только по прохождению всех этих видов работ работа по обучению специальности s_j считается выполненной.

Представленная математическая модель мощности инфраструктуры образовательного агрегата позволяет решать задачи анализа и синтеза инфраструктуры многосоставных образовательных объектов, а так же прогнозировать затраты фондов образовательных учреждений при изменении структуры учебного плана и ряд других задач.

Список литературы

1. Сиразетдинов Т.К. Сложные системы и задача аналитического проектирования. I, II // ИВУЗ авиационная техника, 1980, № 4, С. 59-64, 1981, № 2, С.51-55.
2. Сиразетдинов Т.К. Динамическое моделирование экономических объектов. Казань: Фэн, 1996. – 222 с.
3. Сиразетдинов Р.Т. Математическое моделирование мощности инфраструктуры сложных систем // Известия академии наук. Теория и системы управления. 1998. № 3. С. 96-104.
4. Сиразетдинов Т.К., Родионов В.В., Сиразетдинов Р.Т. Динамическое моделирование экономики региона. Казань: Фэн, 2005. – 320 с.

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАКОПЛЕННОГО ИЗНОСА

А.О. Алексеев

*Пермский государственный технический университет, г.
Пермь, Россия, nedstf@pstu.ru*

Под накопленным износом подразумевают потерю стоимости объекта оценки [2]. В некоторых работах авторы определяют, что процесс потери обусловлен всевозможными причинами, однако, на практике оценщики износ связывают только со «старением» объекта[1].

Действительно, владелец или потенциальный покупатель осознает, что с увеличением срока фактической эксплуатации сокращается срок оставшегося **полезного** использования. Еще одной причиной является факт того, что износ легко описать и в терминах физического, и функционального устаревания. Например, функциональный износ II рода определяется развитием более совершенных технологий, уместно называемых **современными** технологиями, что подчеркивает фактор времени как ключевой фактор ухудшения.

Перечислим ряд проблем характерных задачам определения накопленного износа.

Проблема 1. Затратный подход не применяется для первичного рынка недвижимости, поскольку полагается, что отсутствует износ.

Контр-пример: В микрорайоне с расселяемым ветхим и аварийным жильем строится новый дом. Со временем снос оставшихся барачков и последующие развитие инфраструктуры приведет к росту стоимости объекта. Однако, этот процесс будет следствием роста полезности для потребителя. **Внешнее окружение объекта оценки служило источником внешнего износа, уменьшавшего полезность.** Таким образом, речь шла о только что введенном в эксплуатацию объекте, с уже имевшимся износом на первый же день эксплуатации.

Проблема 2. Затратный подход в отдельных случаях дает результат больше рыночной стоимости.

Оценивается вновь построенный объект недвижимости и вблизи строится, например, очистной завод. В этом случае затраты на строительство объекта недвижимости могут быть больше стоимости, полученной сравнительным подходом скорректированного с учетом негативного объекта – очистного завода.

В таком случае необходимо очистной завод рассматривать как **ухудшающий** фактор, то есть источник внешнего износа. Именно этот износ будет определяющим при определении накопленного износа и аналогично сравнительному подходу скорректирует стоимость к уменьшению.

Многие забывают, о том, что затратный подход, в рамках которого и определяется износ, методологически служит для определения затрат, которые необходимо понести, для воссоздания или замены объекта равной **полезности**. Природа описанных проблем заключается в том, что износ выступает в роли синонима устаревания. В приведенных примерах не шло речи об уменьшении срока эксплуатации, но износ присутствовал, поэтому нельзя износ отождествлять с устареванием, правильно говорить об **ухудшении** объекта оценки, то есть процессе потери его полезности.

Проблема 3. Затратный подход не эффективно использовать, поскольку его применение определяет стоимость значительно меньшую, чем стоимость полученную другими подходами.

На практике – факт отсутствия источника негативного воздействия потенциальным покупателем воспринимается не просто как факт отсутствия минуса, то есть нулевой эффект, а положительно, то есть плюс.

В рамках предлагаемого подхода традиционная формула затратного подхода [5] может быть скорректирована следующим образом

$$C=BC-\chi \cdot \text{Из}+(1-\chi) \cdot \text{Из}, \quad (1)$$

где C – стоимость объекта оценки, BC – восстановительная стоимость, Из – накопленный износ, χ – переменная описывающая наличие износа, если износ есть, то $\chi = 1$ и выражение (1) принимает привычный всем вид:

$$C=BC-\text{Из}, \quad (2)$$

если износа нет, то $\chi = 0$ и выражение обретает смысл предыдущего высказывания о положительном эффекте:

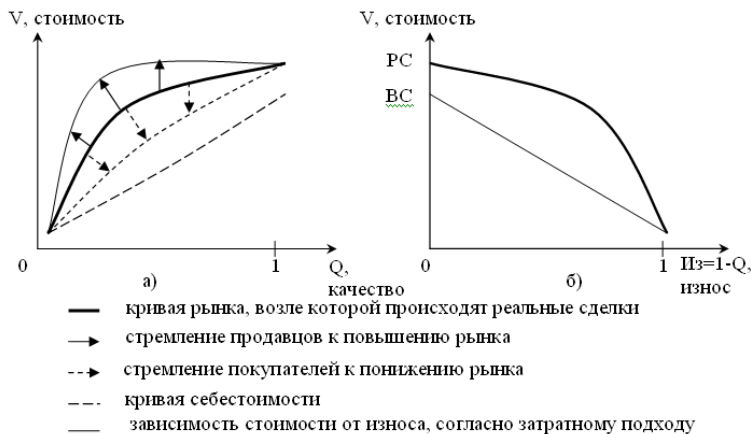
$$C=BC+\text{Из} \quad (3)$$

Безусловно, данный метод требует корректировки, например положительный эффект, скалярно может быть отличным от отрицательного. В этом случае выражение необходимо дополнить степенными и весовыми коэффициентами, определяемыми эмпирическим путем:

$$C=BC-\chi \cdot \alpha \cdot \text{Из}+(1-\chi) \cdot \beta \cdot \text{Из}, \quad (4)$$

коэффициенты α и β описывают степень влияния износа на отрицательный и положительный эффект соответственно.

Перспективным направлением можно считать одновременную оценку объекта с позиции как **блага**, так и **товара**. Известна модель рынка, строящаяся на сочетании цены и качества (см. рисунок, а). Определение полезности объекта с точки зрения блага для покупателя описывается показателем качества – Q , в это же время объекты представители данного класса продаются на рынке по ценам близким к стоимости V , что определяет объект оценки с точки зрения товара. Подмножество, устанавливающее соответствие между множествами Q и V является функцией рынка, определяющей рыночную стоимость (PC). В данном случае износ определяют отсутствие полезности, то есть качества, таким образом, кривая рынка может быть зеркально отображена по оси «качество» (см. рисунок б). Подобная зависимость рыночной стоимости от износа получена в работе [7].



Модель рынка «цена-качество»

Третья проблема легко просматривается на рисунке 1, б – разница между затратным подходом и кривой рынка весьма значительна. Применение выражения (4) позволит приблизить стоимость, получаемую использованием затратного подхода к справедливой стоимости¹ $S=BC-\chi\cdot\alpha\cdot(1-Q)+(1-\chi)\cdot\beta\cdot(1-Q)$, где $Q\in[0,1]$ – определяет полезность объекта, то есть его качество как благо.

В работе [3] предложен концептуальный подход к определению качественного показателя Q используя механизм комплексного оценивания с расширенными функциональными возможностями, подробно описанный в работе [6]. В качестве аналогичного метода может выступать квалиметрическая экспертиза, описанная например, в работе [4].

Сочетание предложенных методов позволит определять накопленный износ, во-первых, с позиции ухудшения (или его отсутствия); во-вторых, с учетом предпочтений потенциальных покупателей и их представлений о факторах и процессах ухудшения; в-третьих, с учетом рынка, динамики и тенденций, сложившихся на нем.

Список литературы

¹ В данном случае речь идет не о справедливой стоимости, пришедшей в оценочную деятельность из МСО, а стоимости, определяемой полезностью объекта оценки, учитывающая отсутствие полезности и игнорирующая излишнюю полезность, поэтому авторы считают уместным говорить о справедливой стоимости.

1. Башков В.С. Оценка функционального (морального) устаревания зданий и сооружений // Ценообразование и сметное нормирование в строительстве. 2006. №1 / База нормативной документации www.complexdoc.ru [Электронный ресурс]: URL – [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/544104/otsenka_funktsionalnogo_\(moral_nogo\)_ustarevaniya_zdaniy_i_sooruzhenii.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/544104/otsenka_funktsionalnogo_(moral_nogo)_ustarevaniya_zdaniy_i_sooruzhenii.pdf) (дата обращения 4.04.11)
2. Борисов А.Б. Большой экономический словарь. — М.: Книжный мир, 2003. — 895 с.
3. Любимов А.В. Подходы к моделированию рынка недвижимости. Строительство, Архитектура. Теория и практика // Мат. науч.-практ. конф. студ., аспирант. и молод. уч. строительного факультета ПГТУ. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010.
4. Маругин В.М. Квалиметрическая экспертиза строительных объектов. - СПб.: Политехника, 2008.- 527 с.
5. Новопашина Е.И. Техническая экспертиза строений: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 193 с.
6. Харитонов [и др.] Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений / под ред. Харитонova В.А. – Пермь: изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010 – 393 с.
7. Яскевич Е.Е. Влияние физических и функциональных износов на рыночную стоимость объектов недвижимости. Взаимовлияние износов [Электронный ресурс]: URL – appraiser.ru (дата обращения 4.04.11)

ОЦЕНКА ТЕМПОВ РОСТА БИЗНЕСА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

О.И. Дранко, В.С. Филимонов

Московский физико-технический институт, Москва, Россия,
olegdranko@gmail.com, vsfilimonov@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия в научной и финансовой среде прочно укрепился взгляд на экономику предприятия с позиций стоимости бизнеса. Подробно вопросы стоимости рассмотрены такими авторами как Т. Коупленд [1], Р. Брейли, С. Майерс [2], А. Дамодаран [3]. В данной работе проанализированы темпы роста прибыли, дивидендов, продаж и денежного потока на основе информации публичных компаний США.

ОЦЕНКА ТЕМПОВ РОСТА БИЗНЕСА

В основе рассматриваемых методов оценки стоимости бизнеса используется модель дисконтированных денежных потоков:

$$EV = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (1)$$

где EV – стоимость бизнеса, CF_t – свободный денежный поток, i – ставка дисконтирования, t – индекс периода. Для оценки стоимости в предположении среднего роста, денежный поток может быть представлен:

$$CF_t = CF_0(1 + g_{CF})^t, \quad (2)$$

где g_{CF} – среднегодовой темп роста денежного потока. Тогда формула Гордона, которая рассчитывается, как сумма дисконтированных значений будущих дивидендов может быть представлена в виде:

$$EV = \frac{CF}{i - g_{CF}} \quad (3)$$

Для сходимости бесконечного ряда в формуле (1) необходимо, чтобы выполнялось следующее условие: $i > g_{CF}$.

Для практической оценки темпов роста использовалась информация по финансовой отчетности компаний США, котирующихся на бирже [4]. Информация по усредненным темпам роста по классам надежности приведена в табл. 1.

Исходя из полученных результатов на рис. 1, для крупнейших компаний США темпы роста по показателям: объем продаж, свободный денежный поток, прибыль на акцию, дивиденды – близки. И для компаний с более высоким классом надежности (А) они составляют 10-12% в год. Средние темпы роста по всем компаниям (с учетом медленно развивающихся компаний класса С) составляют около 7%.

Таблица 1

Отчетные данные за 10 лет

Класс надежности	Кол-во компаний	Объем прод.	Денежный поток, %	Дивиденды, %	Приб. /акцию, %	Сто-ть по актив, %
A++	53	9.7	11.2	12.1	13.0	10.7
A+	74	13.1	12.9	11.4	14.2	13.3
A	277	10.2	10.8	11.0	11.9	11.1
ИтогоА	404	10.7	11.3	11.3	12.5	11.5
B++	565	9.5	9.6	8.7	10.3	9.9
B+	940	7.3	7.0	7.5	7.6	7.9
B	835	4.7	2.7	3.7	1.9	3.9
ИтогоВ	2340	7.0	6.7	7.1	7.2	7.2
C++	330	3.7	0.7	4.2	-2.1	1.3
C+	162	4.4	-1.7	1.6	-3.3	1.1
C	77	7.4	2.7	5.1	-2.1	0.7
ИтогоС	569	4.4	0.2	3.4	-2.4	1.1
Сред.	3313	7.2	6.8	7.8	7.7	7.0

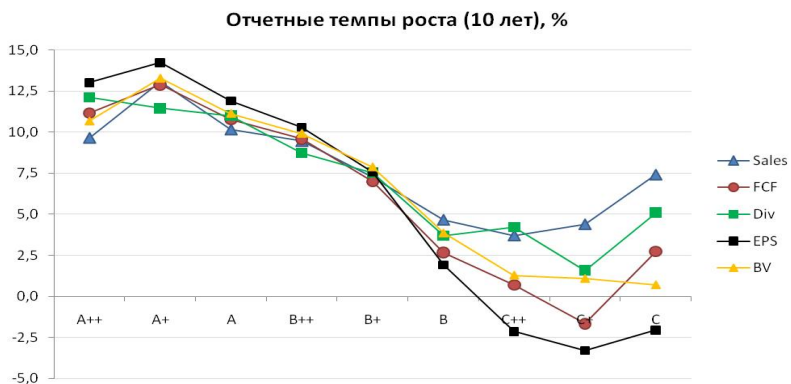


Рис. 1. Отчетные среднегодовые темпы роста компаний за 10 лет

ОЦЕНКА СТАВКИ ДИСКОНТИРОВАНИЯ

Рассмотрим оценку ставки дисконтирования i по модели Фишера:

$$i = i_{rf} + I + i_r, \quad (4)$$

где i_{rf} – доходность безрисковых инвестиций при отсутствии инфляции, I – инфляция, i_r – надбавка за риск.

Для оценки доходности безрисковых инвестиций при отсутствии инфляции i_{rf} и инфляции I , были использованы данные по пятилетним Т-бондам. Доходность безрисковых инвестиций составила 3.37% [4]. На основании совокупных средневзвешенных вероятностей дефолта [5] было введено [6] соответствие рейтинговым классам [4].

Таблица 2

Оценка средней вероятности дефолта, %

Класс	A++	A+	A	B++	B+	B	C++	C+	C
Вероятность	0.08	0.18	0.50	2.13	10.5	28.7	51.5	52.8	66.7

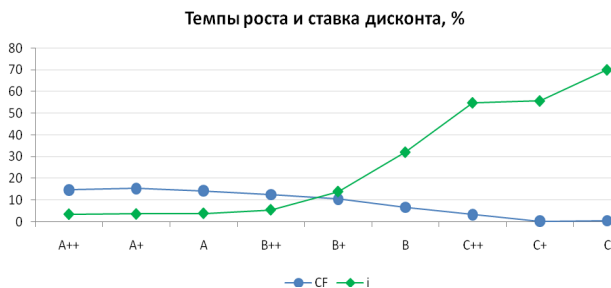


Рис. 2. Темпы роста и ставка дисконтирования

Вывод: темпы роста компаний инвестиционных классов (B+ и выше) превышают ставку дисконтирования. Прямое использование формулы Гордона в данном случае недопустимо.

СОПОСТАВЛЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ВЫРУЧКА – ЗАТРАТЫ – ПРИБЫЛЬ» И ТЕМПОВ РОСТА

С точки зрения концепции «выручка - затраты - прибыль» (источника расчетов для точки безубыточности), полученная прибыль p выражается, как:

$$p = S - (vN + FC) = (p - v)N - FC, (5)$$

где S - выручка, N - количество, p - цена, v - переменные издержки на единицу продукции, FC - постоянные издержки.

Темп роста прибыли должен превышать темп роста выручки:

$$\frac{g_p}{g_s} = \frac{\Delta p}{p} \frac{S}{\Delta S} = \frac{(p - v)N}{(p - v)N - FC} > 1. (6)$$

Аналогично можно установить опережающий рост свободного денежного потока:

$$S > NI > FCF \Rightarrow g_s < g_{NI} < g_{FCF} (7)$$

Расчетные данные для крупнейших компаний показывают, что темпы роста выручки, прибыли и денежного потока примерно равны. Следовательно, компании растут с пропорциональным изменением основных параметров.

ВЫВОДЫ

Темпы роста компаний США инвестиционного класса составляют около 10% в год, и превышают ставку дисконтирования (~5-7% годовых). Данные параметры целесообразно использовать для расчетов в моделях стоимости бизнеса, но для них модель оценки стоимости по формуле Гордона неприменима.

В качестве задач для дальнейшего исследования планируется провести исследования среднегодового роста компаний за 50 – 100 лет, концентрации бизнеса в связи с опережающим ростом крупнейших компаний над экономикой в целом, параметров роста российских компаний.

Список литературы

1. Коупленд Т., Колер Т., Мурун Д. Стоимость компаний: оценка и управление. – М.: Олимп-Бизнес, 2005. – 576 с.
2. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов – М.: Олимп-Бизнес, 1997. – 1120 с.
3. А.Дамодаран Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 1342 с.
4. <http://valueline.com/>

5. *Linnergren–Fleck D., Skarle A.* Default Probabilities: Three Different Models of Estimating Default Probabilities // Stockholm, 2008.

6. *Филимонов В.С.* Исследование модели стоимости бизнеса мера приближения к совершенной конкуренции// <http://mipt.ru/nauka/53conf/>

7. *Дранко О.И.* Финансовый менеджмент: Технологии управления финансами предприятия. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 351 с.

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРАХОВЫХ ТАРИФОВ

Н.В. Санина

ГОУ ВПО ВГАСУ, Россия, Воронеж

Введение. В соответствии с действующим законодательством страховой тариф назначается исходя из соотношения страховых выплат к фонду оплаты труда за предшествующий период, что является вполне объективным показателем. Принятый в настоящее время общероссийский классификатор видов экономической деятельности по отраслевому признаку (ОКВЭД) служит определенным ориентиром в классификации рисков условий труда, так как исходя из сложившейся ситуации, можно предположить некоторую близость рисков оценок условий труда у страхователей одного ОКВЭД. С другой стороны, как показывает практика, предприятия одной отрасли (групп – страхователи) имея разную степень профессионального риска, тем не менее, будут иметь одинаковую солидарную нагрузку внутри своей отрасли. Используемые в настоящее время внутриотраслевые системы скидок-надбавок несколько сглаживают разброс величины страховых выплат внутри отраслей.

В статье дается постановка задачи определения страховых тарифов и предлагается метод ее решения.

Основные определения. m - количество видов экономической деятельности по отраслевому признаку (ВЭД); $ВП_j$ – расходы на выплаты в возмещение вреда от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний j -го ВЭДа, $j = \overline{1, m}$, (тыс. руб.);

$ВП_\sigma$ - суммарные расходы (тыс. руб.),

$$ВП_\sigma = \sum_{j=1}^m ВП_j; \quad (1)$$

$ВП$ - общие расходы Фонда (тыс. руб.), величина которых должна

быть обеспечена за счет страховых взносов страхователей (обязательное страхование):

$$ВП = ВП_{\sigma} + ВП^* \quad (2)$$

где $ВП^*$ - дополнительные расходы Фонда.

Сумму (2) для удобства дальнейших расчетов представим в виде произведения: $ВП = (1 + k_{сбор}) \cdot ВП_{\sigma}$, (3)

где $k_{сбор}$ - коэффициент сбора, который рассчитывается с учетом

соотношений (1)-(2) следующим образом: $k_{сбор} = \frac{ВП^*}{ВП_{\sigma}}$. (4)

Φ_j - выплаты в пользу работников, на которые начисляются страховые взносы j -го ВЭДа, $j = \overline{1, m}$; Φ_{OT} - суммарный фонд оплаты труда (тыс. руб.), $\Phi_{OT} = \sum_{j=1}^m \Phi_j$; (5)

I_j - удельный вес затрат j -го ВЭДа, $I_j \in [I_{\min}; I_{\max}]$ $j = \overline{1, m}$ (в долях, безразмерный),

$$I_j = \frac{ВП_j}{\Phi_j}; \quad (6)$$

\tilde{I}_j - процентное выражение затрат, (%), $\tilde{I}_j = I_j \cdot 100\%$; n - количество классов профессионального риска; L_i - страховой тариф (в долях, безразмерный) на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний i -го класса профессионального риска, $i = \overline{1, n}$.

Шкала тарифов организована по возрастанию (чем старше класс, тем больше величина тарифа). Допустимый диапазон изменения страховых тарифов считается заданным:

$$L_i \in [L_{\min}; L_{\max}], \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где L_{\min} - минимально допустимый тариф, L_{\max} - максимально допустимый тариф (величина максимально допустимой финансовой

нагрузки на предприятие).

Формализованная постановка задачи. Рассмотрим алгоритм разбиения имеющихся m ВЭДов на n классов профессионального риска ($n \leq m$) с присвоением каждому i -му классу страхового тарифа L_i , так, чтобы: не превысить величину максимальной допустимой нагрузки на предприятие L_{\max} и обеспечить допустимый интервал изменения страховых тарифов (2.1.7); обеспечить по возможности равномерную нагрузку на классы; обеспечить заданную величину общих расходов Фонда (2) страховыми выплатами, т.е. в результате разбиения должно выполняться условие:

$$ВП = \sum_{i=1}^n L_i \cdot \Phi_{\Sigma_i} \quad (8)$$

$$L_i < L_{i+1}, L_1 = L_{\min}, L_n = L_{\max}, \quad (9)$$

где Φ_{Σ_i} - суммарный фонда оплаты труда ВЭДов, сгруппированных в i -ый класс. В ходе построения алгоритмов будем пользоваться безразмерными величинами I_j , $j = \overline{1, m}$ и L_i , $i = \overline{1, n}$ (в долях).

Окончательный результат (величина назначаемых тарифов) будет выражен в процентах. Назначение страховых тарифов в соответствии с удельными весами затрат является вполне объективным показателем. Проблема заключается в том, что диапазон расчетных значений удельных весов затрат значительно шире границ допустимого интервала страховых тарифов: $I_j \in [I_{\min}; I_{\max}]$, где $I_{\max} / I_{\min} \approx 5000$; ($L_{\max} / L_{\min} \approx 50$) и $I_{\min} \ll L_{\min}$, $L_{\max} \ll I_{\max}$. Требуется спроецировать расчетный интервал $[I_{\min}; I_{\max}]$ на допустимый интервал $[L_{\min}; L_{\max}]$ с тем, чтобы обеспечить необходимый объем выплат (8), определив и обосновав параметры нелинейного перехода от расчетного интервала к допустимому интервалу.

Задача решается для будущего периода на основе расчетных данных, полученных из фактических данных предыдущего периода путем умножения на поправочные коэффициенты.

В данной постановке допустимый диапазон страховых тарифов (7) считается заданным и не подлежит изменению. Ниже будет проведен предельный анализ и рассмотрена возможность снижения (либо

необходимость увеличения) заданных пороговых значений L_{\min} и/или L_{\max} . Предварительно проверим корректность заданных ограничений (7). Пусть L_{cp} - единый расчетный усредненный тариф, который находится из соотношения: $L_{cp} = ВП / ФОР$. Если при его определении оказалось, что $L_{cp} > L_{\max}$, то поставленная задача не имеет решения, так как даже при присвоении всем ВЭДам максимально допустимого тарифа требуемая сумма выплат не обеспечивается. Тогда заданное верхнее пороговое значение L_{\max} подлежит увеличению: $L_{\max} \geq L_{cp}$. В частном случае, когда $L_{\max} = L_{cp}$ дифференциация по классам невозможна. Если изначально $L_{cp} < L_{\max}$, то задача имеет решение при условии, что $L_{cp} > L_{\min}$. В противном случае $L_{cp} < L_{\min}$ будет необоснованный избыток страховых взносов по сравнению с заданной величиной (2) при любом варианте разбиения, и границы изменения пороговых значений требуют одновременного уменьшения так, чтобы выполнялось неравенство: $L_{\min} < L_{cp} < L_{\max}$.

Данные рассуждения являются объективным поводом для пересмотра заданных границ допустимого интервала (в первом приближении). Подробнее рассматривается в докладе.

Можно рассмотреть два критерия оптимальности: минимизация суммы относительных отклонений

$$F_1 = \sum_{k=1}^n \sum_{j \in Q_k} d_{kj} \quad (12)$$

Минимизация макс. из относительных отклонений

$$F_2 = \max_k \max_{j \in Q_k} d_{kj} \quad (13)$$

Метод решения будет представлен в докладе.

Заключение. Предложенные алгоритмы можно обобщить на случай, когда существуют ВЭД-ы, для которых $\Lambda_j^0 < \Lambda_{\min}$ и (или) существуют ВЭД-ы, для которых $\Lambda_j^0 > \Lambda_{\max}$. Очевидно, что ВЭД-ы, для которых $\Lambda_j^0 < \Lambda_{\min}$ помещают в первый класс, а ВЭД-ы, для которых $\Lambda_j^0 > \Lambda_{\max}$ помещают в последний класс. Далее можно уменьшить отклонение от «справедливых тарифов», путем определения тарифов не по формуле (15), а на основе решения задачи минимизации длин дуг

сети. Эти модификации будут рассмотрены в последующих публикациях.

Список литературы

1. Ковалевский С.С., Кульба В.В., Уткин В.А. и др. Математические методы в управлении обязательным социальным страхованием. М.: ЛКИ, 2008. – 800 с.

2. Санина Н.В. Экономические механизмы функционирования системы обязательного социального страхования: Монография / Н.В. Санина; под ред. В.В. Кульбы. – Воронеж: «Научная книга», 2011. – 288 с.

3. Баркалов, С.А. Системный анализ и его приложения. [Текст] / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, В.И. Новосельцев – Воронеж «Научная книга» 2008. – 439 с.

ЗНАЧЕНИЕ КЛЮЧЕВОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ДЛЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Т.А. Аверина

ГОУ ВПО ВГАСУ, Воронеж, Россия, ta_averina@mail.ru

Конкуренция является главным содержанием функционирования экономической системы, базирующейся на рыночных механизмах, ключевой категорией в общей схеме категорий рыночного хозяйства.

Конкуренция (от лат. *conspirentia* — состязание, столкновение) может быть определена как ситуация, в которой любой желающий что-либо купить или продать волен выбирать между различными поставщиками или покупателями.

В общем случае *под конкурентоспособностью* принято понимать способность конкурировать на рынках товаров и услуг. Организацией экономического сотрудничества и развития *конкурентоспособность* определена как способность компаний, отраслей, регионов и наций обеспечить сравнительно высокий уровень дохода и заработной платы, оставаясь открытыми для международной конкуренции.

С понятием «конкуренция» тесно связан и термин «конкурентное преимущество». *Конкурентное преимущество* с позиции субъекта рынка — это его активы и различные характеристики, дающие ему преимущества над соперниками в конкуренции.

Конкурентные преимущества, которыми фирма обладает по сравнению со своими соперниками, согласно теории М. Портера, в основном обусловлены: 1) возможностью фирмы производить и про-

давать товар с суммарными меньшими затратами, чем конкуренты; 2) возможностью обеспечить потребителя большей ценностью потребительских свойств.

Конкурентные преимущества можно объединить в две группы: *преимущества высокого ранга и преимущества низкого ранга*.

Преимущества высокого ранга связаны с наличием у предприятия высокой репутации, квалифицированного персонала, патентами, ведением долговременных НИОКР, развитым маркетингом, основанным на использовании современных технологий, современным менеджментом и т.д.

Особое место среди преимуществ высокого ранга занимают *инновации*. Для удержания фирмой лидирующего положения на рынке за счет использования инноваций необходимо обеспечить невозможность (сложность) их возможного повторения конкурентами, значительное качественное превосходство.

Преимущества низкого ранга связаны с наличием дешевых ресурсов, доступностью источников сырья не столь устойчивы [5].

В современной инновационной экономике в связи с процессами глобализации бизнеса, расширения производства наукоемкой продукции, непрерывным обновлением информационных технологий природа и границы конкуренции изменились. Конкурентное преимущество, основанное на превосходстве товаров и услуг по ценовым и качественным характеристикам на рынке, теряет устойчивость. Теперь компании конкурируют не только продуктами, но и своими способностями создавать, обновлять и использовать, воплощая в товарах и услугах, организационные знания и ресурсы под меняющиеся требования внешней среды [2]. Актуальными становятся такие экономические категории как *ключевая компетентность* и *инновационный потенциал* организации.

Совокупность знаний, навыков, умений и способностей, обеспечивающая конкурентное преимущество, и принадлежащая сотрудникам и компании, является *компетентностью организации*.

Под *компетентностью* (от англ. competence — «способность», «умение») принято рассматривать интегральную характеристику личности или организации, определяющую способность решать задачи, возникающие в реальных жизненных ситуациях, с использованием знаний, учебного и жизненного опыта, ценностей и наклонностей. Считается, что компетентность представляет сочетание взаимодополняемых компонентов, позволяющее субъекту выполнять стоящие перед ним задачи не ниже уровня, обеспечивающего эффективную деятельность организации.

Появление концепции ключевой компетентности организации связывают с именами Г. Хамела и К.К. Прахалада, опубликовавших результаты исследований на данную тему [6]. Они считают ключевую компетентность главным активом организации, лежащим в основе «стратегической архитектуры фирмы», обосновывают необходимость понимания фирмы не как «портфеля бизнес-единиц», а как «портфеля компетенций». Д. Андрессен и Р. Тиссен рассматривают ключевую компетентность компаний по уровням: индивидуальная, командная, основная сфера компетенции, мега-компетенция [4].

Поскольку одно из определений понятия «компетентность» — обладание *компетенцией*, ключевую компетентность организации можно рассматривать как совокупность индивидуальных и организационных компетенций.

Компетенция личности означает круг вопросов, в которых человек хорошо осведомлен, обладает познаниями и опытом.

Компетенция организации — знания, навыки, умения, опыт организации, которые могут развиваться через коллективное обучение. Т. е. компетенциям можно научить, можно их развить или приобрести.

Следовательно, если компетенция есть ожидание результатов работы, пусть даже основанное на знаниях, навыках и т.д., то компетентность — это способность достигать результата, используя компетенции и наращивая их. Если в компетенции центральное место отводится потенциалу, то в компетентности — эффективности.

Определение ключевой компетентности дает представление о сильных сторонах компании и помогает выявить ее слабые стороны и аспекты деятельности, которые требуют к себе особого внимания.

Проанализировав ключевую компетентность и оценив ее роль в генерировании прибыли компании, ее руководители могут получить четкое представление о наиболее ценных для компании ресурсах (материальных и нематериальных) и использовать инвестиции для решения стратегических задач — повышения конкурентоспособности компании, сохранения ее конкурентных преимуществ.

Ключевую компетентность организации можно характеризовать как:

- компетентность высшего уровня, которая выражается в способности организации производить продукт (услугу), создающий особую ценность для потребителей;
- не имитируемые конкурентами параметры внутренней среды организации, которые базируются на эффективном взаимодействии элементов человеческого и организационного капиталов, обеспечивают фирме устойчивые конкурентные преимущества.

Руководителям необходимо учитывать важность различных элементов, формирующих общий профиль компетентности компании. Без этого эффективно управлять ею, а значит, и создавать конкурентные преимущества невозможно [5]. Ключевая компетентность обеспечивает переход к будущим рынкам, возможность проникнуть на рынок и успешно на них конкурировать благодаря инновационности ключевых продуктов.

Не стоит забывать, что наличие, масштаб и структурные пропорции инновационного потенциала определяют имеющуюся способность, текущую меру готовности и ожидаемую степень эффективности реализации предприятием инновационных проектов.

Инновационный потенциал: «... — это ядро общего потенциала организации, составными элементами которого являются производственно-технологическая, научно-техническая, финансово-экономическая, кадровая, организационно-управленческая службы с их потенциалами» [3].

Таким образом, ключевая компетентность организации зависит от уровня инновационного потенциала организации (Π_n).

И если рассматривать, что

$$\Pi_n = \kappa_1 \Pi_k + \kappa_2 \Pi_n + \kappa_3 \Pi_\phi + \kappa_4 \Pi_{nt} + \kappa_5 \Pi_{ou},$$

где Π_k – кадровый потенциал; Π_n – научно-технический потенциал; Π_ϕ – финансово-экономический потенциал; Π_{nt} – производственно-технологический потенциал; Π_{ou} – организационно-управленческий потенциал; κ_i – весовые коэффициенты, определяемые экспертным путем. Тогда ключевая компетентность может быть определена как некая функция $F(\Pi_n)$.

Кроме того, установлено, что стоимость ключевой компетентности можно рассчитывать на основе связи, которая существует между потенциалом этой компетентности, и тем, насколько она повышает стоимость компании. Д. Андрессен и Р. Тиссен предложили следующую формулу:

СТОИМОСТЬ КЛЮЧЕВОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ =

Добавленная ценность продукции для потребителя + Конкурентоспособность + Потенциал + Долговечность + Устойчивость

Данная формула указывает на то, что величина, на которую стоимость ключевой компетентности увеличивает стоимость компании, равна повышению ценности продукции для потребителя в сложившихся условиях [1].

Список литературы

1. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями/ Под. ред. Б. З. Мильнера. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 624 с. – (Научная мысль).

2. Малыгина О. В. «Формирование компетентности организации в системе управления знаниями» автореферат, Москва 2010.

3. Нургалиева Ш. М. Проблемы оценки инновационного потенциала предприятия. Вопросы современной науки и практики // Университет им. В. И. Вернадского. 2008. №11.

4. Управление знаниями в инновационной экономике: Учебник / Под ред. Б. З. Мильнера. – М.: ЗАО Издательство «Экономика», 2009. – 599 с.

5. Философова Т.Г. Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность: Учеб. пособие/ Т. Г. Философовой. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 295 с.

КРИТИЧНОСТЬ В СЕТЯХ С НЕЧЁТКИМИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЯМИ ОПЕРАЦИЙ

П.Н. Курочка, И.В. Фёдорова, Д.Э. Хицков
ГОУ ВПО ВГАСУ, Воронеж, Россия

Введение. Пусть $N=(U, D)$ – это сеть без контуров, представляющую проект, состоящий из набора операций (работ), в виде модели «операции – дуги, события - вершины». U – это множество вершин (событий), $D \subseteq U \times U$ – это множество дуг (операций). В такой сети всегда можно ввести правильную нумерацию, при которой $i < j$ для любой операции $(i, j) \in D$. Среди множества вершин выделены входы сети U_0 и выходы сети U_n . Без ограничения общности можно рассматривать сеть, в которой мощность множеств U_0 и U_n равна 1. Будем считать, что сеть состоит из $(n+1)$ -й вершины. В чётком случае для каждой операции $(i; j)$ задана её продолжительность t_{ij} . Методы описания и исследования сетевых графиков изучаются в теории календарно-сетевого планирования и управления [1,2].

Критичность в сетях с нечёткими продолжительностями операций. Пусть продолжительность каждой операции задана нечётким числом \tilde{t}_{ij} .

Для определения операций сложения, вычитания и выбора максимума для нечётких чисел [3] будем считать, что задан дискретный набор $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ α - уровней и все последующие вычисления

производятся для $\forall \alpha \in \overline{\alpha_1, \alpha_m}$

Используя только операцию сложения, формулы для вычисления ранних t_i^- и поздних t_i^+ моментов свершения события $i \in U$ и определении полных резервов этого события $i \in U$, можно получить следующие формулы для границ интервалов, которым принадлежат ранние моменты свершения, поздние моменты свершения и полные резервы событий [2] для α - уровня: $t_{0\alpha}^- = t_{0\alpha}^- = 0$; $t_{i\alpha}^- = \max_{j \in U_i^-} (t_{j\alpha}^- + t_{ji\alpha})$,

$$t_{i\alpha}^- = \max_{j \in U_i^-} (t_{j\alpha}^- + t_{ji\alpha}), \text{ для } i \neq 0; \quad (1)$$

$$t_{n\alpha}^+ = t_{n\alpha}^-, \quad t_{n\alpha}^- = t_{n\alpha}^+; \quad t_{i\alpha}^+ = \min_{j \in U_i^+} (t_{j\alpha}^+ - t_{ij\alpha}), \quad (2)$$

$$t_{i\alpha}^+ = \min \left\{ \min_{j \in U_i^+} (t_{j\alpha}^+ - t_{ij\alpha}); t_{i\alpha}^- \right\}, \text{ для } i \neq n; \quad \Delta t_{i\alpha} = t_{i\alpha}^+ - t_{i\alpha}^-,$$

$$\Delta t_{i\alpha} = \min \{ t_{i\alpha}^+ - t_{i\alpha}^-, \Delta t_{i\alpha} \}. \quad (3)$$

Если использовать операцию вычитания, то формула (1) остаётся без изменений, а вместо формул (2)-(3) получим:

$$t_{n\alpha}^+ = t_{n\alpha}^-, \quad t_{n\alpha}^- = t_{n\alpha}^+;$$

$$t_{i\alpha}^+ = \min_{j \in U_i^+} (t_{j\alpha}^+ - t_{ij\alpha}), \quad t_{i\alpha}^- = \min_{j \in U_i^+} (t_{j\alpha}^+ - t_{ij\alpha}), \text{ для } i \neq n; \quad (4)$$

$$\Delta t_{i\alpha} = t_{i\alpha}^+ - t_{i\alpha}^-, \quad \Delta t_{i\alpha} = t_{i\alpha}^+ - t_{i\alpha}^-. \quad (5)$$

Ясно, что интервалы, получаемые по формулам (4)-(5) включают интервалы, полученные по формулам (2)-(3). Понятно, что ни формулы (2)-(3), ни формулы (4)-(5) могут не давать точных интервалов, поскольку в задаче имеются сложные причинно-следственные связи, не учитываемые этими формулами. Рассмотрим сначала вычисление точных границ интервалов свободных резервов операций для уровня α . Введём следующие обозначения: пусть Ps_i^- - это множество, содержащее дуги всех путей, ведущих от вершины 0 до вершины i ($Ps_i^- = \cup P_i^-$), а Ps_i - это множество, содержащее дуги всех полных путей, проходящих через вершину i ($Ps = \cup P_i$).

Свободные резервы операций для точных продолжительностей операций примут вид:

$$\begin{aligned} \Delta_{ij}^- &= \max_{P_i^-} (P_i^-) - \max_{P_i^-} (P_i^-) - t_{ij} = \max_{k \in U_j^-} \max_{P_k^-} (P_k^- + t_{kj}) - \max_{P_i^-} (P_i^-) - t_{ij} = \\ &= \max\{0; \max_{P_i^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}} (t(P_k^-) + t_{kj}) - \max_{P_i^-} (P_i^-) - t_{ij}\} = \\ &= \max\left\{0; \max_{P_i^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}} \left(\sum_{(c,d) \in P_k^- \setminus \{P_k^- \cap P_i^-\}} t_{cd} + \sum_{(c,d) \in P_k^- \cap P_i^-} t_{cd} + t_{kj} \right) - \right. \\ &\left. - \max_{P_i^-} \left(\sum_{(c,d) \in P_i^- \setminus \{\cup P_{s_k}^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}\}} t_{cd} + \sum_{(c,d) \in P_i^- \cap \{\cup P_{s_k}^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}\}} t_{cd} \right) - t_{ij} \right\} \end{aligned}$$

Поэтому границы интервалов $\Delta_{ij}^- \alpha = [\underline{\Delta}_{ij}^- \alpha; \overline{\Delta}_{ij}^- \alpha]$, $i \in U_j^-$

свободных резервов операций для $\forall \alpha = \overline{\alpha}_1, \alpha_m$, считаются по следующей формуле:

$$\underline{\Delta}_{ij}^- \alpha = \max\{0; \underline{\Delta}_{ij}^- \alpha\}; \quad \overline{\Delta}_{ij}^- \alpha = \max\{0; \overline{\Delta}_{ij}^- \alpha\}, \quad (6)$$

где для величин $\underline{\Delta}_{ij}^-$ и $\overline{\Delta}_{ij}^-$ должно выполняться следующее:

$$\begin{aligned} \underline{\Delta}_{ija}^- &= \max_{P_k^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}} \left(\sum_{(c,d) \in P_k^- \setminus \{P_k^- \cap P_i^-\}} t_{cda} + \sum_{(c,d) \in P_k^- \cap P_i^-} t_{cda} + t_{kja} \right) - \max_{P_i^-} \left(\sum_{(c,d) \in P_i^- \setminus \{\cup P_{s_k}^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}\}} t_{cda} + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{(c,d) \in P_i^- \cap \{\cup P_{s_k}^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}\}} t_{cda} \right) - t_{ija} . \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{\Delta}_{ija}^- &= \max_{P_k^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}} \left(\sum_{(c,d) \in P_k^- \setminus \{P_k^- \cap P_i^-\}} t_{cda} + \sum_{(c,d) \in P_k^- \cap P_i^-} t_{cda} + \right. \\ &\quad \left. + t_{kja} \right) - \max_{P_i^-} \left(\sum_{(c,d) \in P_i^- \setminus \{\cup P_{s_k}^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}\}} t_{cda} + \sum_{(c,d) \in P_i^- \cap \{\cup P_{s_k}^-, k \in U_j^-\setminus\{i\}\}} t_{cda} \right) - t_{ija} . \end{aligned}$$

Поэтому $\underline{\Delta}_{ij}^- \alpha$ находится из решения следующей оптимизационной задачи:

$$\underline{\Delta}_{ija}^- = x - y - t_{ija}^- \rightarrow \min ,$$

$$x \geq \sum_{(c,d) \in P_k^- \setminus \{P_k^- \cap Ps_i^-\}} \underline{t}_{cda} + \sum_{(c,d) \in P_k^- \cap Ps_i^-} t_{cda} + \underline{t}_{_kja}, \quad \forall P_k^-, k \in U_j^- \setminus \{i\};$$

$$y = \max_{P_i^-} \left(\sum_{(c,d) \in P_i^- \setminus \{\cup Ps_k^-, k \in U_j^- \setminus \{i\}\}} \underline{t}_{cda} + \sum_{(c,d) \in P_i^- \cap \{\cup Ps_k^-, k \in U_j^- \setminus \{i\}\}} t_{cda} \right);$$

$$\underline{t}_{cda} \leq t_{cda} \leq \bar{t}_{cda}, \quad \forall (c,d) \in Ps_i^- \cap \{\cup Ps_k^-, k \in U_j^- \setminus \{i\}\}.$$

Для нахождения $\bar{\Delta}_{ij\alpha}$ используется оптимизационная задача аналогичного вида.

Заключение. Из вышеизложенного можно сделать вывод о важности расчёта для $\forall \alpha = \alpha_1, \alpha_m$ следующих параметров:

1) точных левых границ интервалов полных резервов событий для событий, которые по упрощённой формуле (3) или улучшенной приближённой формуле (9) являются не критическими; 2) точных правых границ интервалов полных резервов для событий, являющихся критическими по формуле (3) или улучшенной приближённой формуле (8). Точные границы позволяют выделить события, которые с полной определённой являются критическими и не критическими для рассматриваемого α -уровня нечётких продолжительностей операций, а также отметить полукритические события, требующие дополнительного контроля при реализации проекта, представленного сетью. Все эти параметры находятся из решения оптимизационных задач, предложенных в статье.

Точные границы интервалов свободных резервов операций можно использовать для представления о возможностях по увеличению продолжительностей выполнения операций при каждом α -уровне (со степенью принадлежности не меньшей, чем α) без изменения раннего момента свершения их конечных событий, то есть о возможностях предотвращения случайностей, возникающих в ходе выполнения операций.

Список литературы

1. Бурков В. Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д. А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2001.-124 с.
2. Дебазей Г., Кофман А. Сетевые методы планирования и их применение. Изд – во «Прогресс», 1968. –182 с.
3. Алефельд Г., Херцбергер Ю. Введение в интервальные вычисления. М.: «Мир», 1987. – 360 с.
4. Балашов В. Г., Заложнев А. Ю., Иващенко А. А., Новиков Д.

А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ШТРАФОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

А.И. Половинкина

ГОУ ВПО ВГАСУ, Россия, Воронеж

Введение. В решении проблем безопасности функционирования предприятий и целых регионов исключительно важна экономическая составляющая. Важно построить и ввести в действие эффективные экономические механизмы стимулирования практической деятельности по снижению риска возникновения *чрезвычайных ситуаций* (ЧС) и привлечения требующихся инвестиций.

В числе наиболее распространенных по отношению к деятельности предприятий в области безопасности следует назвать такие экономические механизмы как: плата за риск, квотирование риска, перераспределение риска, стимулирования снижения риска. Особенно широкое распространение получили механизмы штрафов.

Модель предприятий региона. В работе, как и в [1-3] рассматривается регион, в котором функционирует некоторое количество хозяйственных объектов (например, предприятий), деятельность которых может привести к возникновению ЧС на предприятии, и, как следствие, уменьшить уровень безопасности региона. Пусть $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество предприятий в регионе.

Ответственность за безопасность региона возложена на местные органы власти (Центр). Полномочия, которыми располагает Центр – это применение различных экономических механизмов, направленных на снижение риска.

В рыночной экономике эффективность функционирования предприятия определяется получаемой им прибылью. Если считать, что вся выпущенная предприятием продукция реализуется, то прибыль i -го предприятия можно записать в виде $f_i = c_i u_i - z_i(u_i)$, $i \in N$.

где u_i -объем продукции, выпускаемой на i -м предприятии; c_i - цена продукции, выпускаемой на i -м предприятии; $z_i(u_i)$ -затраты предприятия на выпуск продукции в объеме u_i .

В действительности предприятие заинтересовано не в увеличении прибыли как таковой, а лишь в той части прибыли, которая остается в его распоряжении. Размер обязательных выплат и показатели, от которых эти выплаты зависят, определяются действующим экономи-

ческим механизмом.

Обозначим через x_i – уровень риска – вероятность возникновения ЧС на предприятии, а через y_i – уровень безопасности i -го предприятия или вероятность его безаварийного функционирования. Очевидно, $x_i + y_i = 1$.

Параметры экономического механизма настраиваются в соответствии с наблюдаемым или измеряемым уровнем риска, поэтому естественно, что $c_i = c_i(x_i)$ или $c_i = c_i(y_i)$.

В этом случае, прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия может быть записана в виде $f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - c_i(x_i)$, $i \in N$. Если c_i это размер штрафов за превышение допустимого уровня риска,

$$\text{то } c_i(x_i, \hat{x}_i) = \begin{cases} h_i(x_i), & \text{если } x_i > \hat{x}_i, \\ 0, & \text{если } x_i \leq \hat{x}_i \end{cases}, i \in N.$$

где \hat{x}_i – допустимый уровень риска для i -го предприятия.

В дальнейшем, как и в [1] будем считать, что уровень риска, вызываемый деятельностью i -го предприятия или вероятность возникновения ЧС на этом предприятии, зависит от объема выпуска u_i и объема средств v_i , направляемых на совершенствование технологии, на предупреждение возникновения нештатных ситуаций, укрепление производственной и технологической дисциплины [4]. То есть $x_i = x_i(u_i, v_i)$.

Так как в регионе могут находиться различные предприятия и от аварий на этих предприятиях могут быть различные потери, то важно учитывать не вероятность возникновения ЧС, а ущерб от них.

Обозначим через U_i – возможный полный ущерб в регионе при возникновении ЧС на i -м предприятии. Тогда ожидаемый ущерб можно определить как $M_i = U_i x_i = U_i(1 - y_i)$, $i \in N$.

Соответственно, возможный полный ущерб в регионе M , связанный с деятельностью всех предприятий, расположенных на его территории при условии, что вероятности возникновения ЧС на них независимы, можно записать как $M = \sum_{i=1}^n M_i$. Ожидаемый ущерб отражает

конечный ожидаемый эффект негативного воздействия на социально-экономическую систему либо прогнозируемой, либо уже возникшей ЧС [5].

Механизмы штрафов. Предположим, что уровень безопасности в регионе не может быть больше некоторого допустимого значения Y_{min} . Если считать, что для всех предприятий региона задается одинаковое значение уровня безопасности, то при условии, что риски предприятий не зависят друг от друга, уровень безопасности \hat{y}_i i -го пред-

приятия определяется как

$$\hat{y}_i = \sqrt[n]{Y_{min}}, i \in N. \quad (1)$$

Соответственно, допустимый уровень риска будет равен

$$\hat{x}_i = 1 - \hat{y}_i = 1 - \sqrt[n]{Y_{min}}, i \in N.$$

Здесь также предполагается, что действует механизм сильных штрафов [1]. Это значит, что для предприятия превышение допустимого уровня риска всегда оказывается невыгодным.

По аналогии с [1] считаем, что задача предприятия заключается в максимизации остающейся в распоряжении предприятия прибыли. Предположим, что существует множество предприятий Q , таких, что при

$$i \in Q \quad x_i(u_i^*, 0) < \hat{x}_i, \quad (2)$$

где u_i^* решение уравнения

$$\frac{df_i}{du_i} = c_i - \frac{dz_i(u_i)}{du_i} = 0, i \in Q.$$

Это значит, что предприятия с номерами $i \in Q$ выпускают такой объем продукции u_i^* , который обеспечивает им получение максимальной прибыли, и при этом эти предприятия не тратят свои средства на снижение уровня риска. Более того, фактический уровень риска при $i \in Q$ меньше допустимого. В то же время, предприятия с номерами $i \in N \setminus Q$ при определении объема выпуска решают задачу

$$\begin{cases} f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - v_i \rightarrow \max_{(u_i, v_i)} \\ x_i(u_i, v_i) = \hat{x}_i \end{cases}, i \in N \setminus Q, \quad (3)$$

и для них фактический уровень риска равен допустимому.

Таким образом, фактический уровень безопасности региона при задании одинаковых допустимых значений уровня риска для всех предприятий, находящихся на его территории будет равен

$$Y_{факт} = \prod_{i \in Q} [1 - x_i(u_i^*, 0)] \times \prod_{i \in N \setminus Q} (1 - \hat{x}_i) = \prod_{i \in Q} [1 - x_i(u_i^*, 0)] \times \prod_{i \in N \setminus Q} \hat{y}_i = Y_{min}^m \times \prod_{i \in Q} [1 - x_i(u_i^*, 0)],$$

где $m = \sum_{i \in N \setminus Q} 1$. То есть $Y_{факт} > Y_{min}$. (4)

Так как (2) справедливо при $i \in Q$, то для предприятий с этими номерами, допустимый уровень риска можем определить как $\tilde{x}_i = x_i(u_i^*, 0)$, и, соответственно, уровень безопасности будет равен $\tilde{y}_i = 1 - \tilde{x}_i = 1 - x_i(u_i^*, 0)$. При этом допустимый уровень безопасности для предприятий с номерами $i \in N \setminus Q$, определяется выражением

$$\tilde{y}_i = \sqrt[m]{\frac{Y_{min}}{\prod_{i \in Q} \tilde{y}_i}}, i \in M \setminus Q, \quad (5)$$

и, соответственно, $\tilde{x}_i = 1 - \tilde{y}_i = 1 - \sqrt[m]{\frac{Y_{min}}{\prod_{i \in Q} \tilde{y}_i}}, i \in M \setminus Q,$

Покажем, что $\tilde{x}_i > \hat{x}_i, i \in M \setminus Q.$ Для этого достаточно показать, что $\tilde{y}_i < \hat{y}_i, i \in M \setminus Q$

Действительно, из неравенства (4) следует

$$Y_{min}^{\frac{m}{n}} \times \prod_{i \in Q} [1 - x_i(u_i^*, 0)] > Y_{min}, \text{ или } Y_{min}^{\frac{m}{n}} > \prod_{i \in Q} \tilde{y}_i. \quad (6)$$

Возводя обе части неравенства (6) в степень $1/m,$ получаем $\hat{y}_i > \tilde{y}_i,$ а отсюда и следует, что $\tilde{x}_i > \hat{x}_i.$ Что и требовалось доказать.

Это значит, что к предприятиям с номерами $i \in M \setminus Q$ предъявляются более мягкие требования к допустимому уровню риска. В [1] показано, что чем более высокие требования предъявляются к уровню безопасности производства при действии механизма сильных штрафов, тем менее активно осуществляется производственная деятельность, что и приводит к снижению уровня выпуска продукции.

Заключение. Проведенный анализ механизма сильных штрафов при управлении уровнем безопасности в регионе, свидетельствует, что очень многие модели механизмов управления, созданные в рамках теории управления организационными и социально-экономическими системами могут (с соответствующей адаптацией) эффективно использоваться при разработке и исследовании моделей механизмов управления безопасностью.

Список литературы

1. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами. – М.: Физматлит, 2008. – 243 с.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Модели и механизмы управления эколого-экономическими системами // Проблемы управления. 2009. № 1. С. 2-7.
3. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Экономические механизмы управления уровнем риска в природно-техногенной сфере // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. №4. С. 30-39.
4. Щепкин Д.А. Штрафы при управлении уровнем риска на

предприятия. Управление большими системами. Юбилейный выпуск. М. 2004. С. 220-231.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ОЧЕРЕДНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕНИЯ ЗАДАЧИ О РЕДАКТОРЕ

Е.А. Сидоренко, А.В. Шумарин
ГОУ ВПО ВГАСУ, Воронеж, Россия

Рассмотрим задачу редактора [1, 2] смысл которой заключается в следующем: пусть имеется n рукописей. Каждая рукопись редактируется редактором, затем направляется авторам, а потом снова возвращается редактору для окончательного редактирования. Обозначим через t_i – продолжительность первого редактирования i -ой рукописи, l_i – продолжительность работы авторов, τ_i – продолжительность второго редактирования. Задача заключается в определении очередности работы с рукописями редактора, минимизирующей продолжительность обработки всех рукописей.

Обозначим через $q_i = \tau_i - t_i$, $p_i = t_i + l_i$. В [1, 2] доказано, что если очередности первичной и вторичной обработок одинаковы, то оптимальная очередность определяется по следующему правилу: сначала редактор работает с рукописями, для которых $q_i \geq 0$ в очередности возрастания p_i , а затем – с рукописями, для которых $q_i \leq 0$ в очередности убывания $s_i = \tau_i + l_i$.

Рассматриваемая задача о редакторе имеет достаточно важную практическую интерпретацию, если рассмотреть процесс моделирования деятельности генподрядной организации со своими субподрядчиками при строительстве комплекса объектов.

После завершения работ субподрядчиками, на каждый из объектов возвращается генподрядная организация для завершения строительства объектов. Естественно, возникает задача распределения объектов в потоке с целью сокращения общих сроков строительства всего комплекса объектов. И в данном случае алгоритм задачи о редакторе позволяет, в некоторых случаях, найти оптимальную очередность объектов в потоке. Но задача о редакторе позволяет определить только последовательность расположения объектов в потоке без определения сроков выполнения каждого вида работы на каждом из объектов.

Если воспользоваться алгоритмом увязки потоков [3], возможно решить задачу о редакторе, то есть определить оптимальную очередность объектов в потоке и выполнить увязку работ, исходя из условий

выполнения работ на объектах.

В процессе увязки необходимо соблюдать условия поточной организации работ: на одном объекте в каждый момент времени работает только одна бригада. Следующая бригада может приступить к работе только после завершения работы предыдущей бригады. Это означает, что повторный возврат бригады генподрядчика на первый объект, возможно только после того, когда будет выполнена первичная работа на последнем объекте (в терминах задачи о редакторе это требование звучит так: вторичное редактирование первой рукописи возможно только после того, как было закончено первичное редактирование последней рукописи).

Алгоритм решения задачи о редакторе при этом будет выглядеть следующим образом:

1. Сформировать матрицу парных сравнений, в которую заносятся сведения о продолжительности выполнения работ в том случае, если будут строиться только два объекта. Причем размерность матрицы равна числу строящихся объектов. Произвольный элемент матрицы α_{ij} характеризует продолжительность строительства пары объектов i и j , элемент матрицы α_{ji} - продолжительность строительства пары объектов j и i .

2. На основе матрицы парных сравнений сформировать сигнальную матрицу, состоящую из нулей и единиц. Произвольный элемент матрицы β_{ij} равен единице если продолжительность строительства пары объектов i и j будет меньше чем продолжительность строительства той же пары объектов, но в другой последовательности, то есть j и i , в противном случае элемент матрицы равняется нулю. Если продолжительности будут равны, то оба элемента сигнальной матрицы принимаются равными единице. Главная диагональ сигнальной матрицы не заполняется и в дальнейших расчетах не участвует.

3. Подсчитывается число единиц в каждой строке сигнальной матрицы и определяется последовательность включения объектов в поток по следующему правилу: последним в потоке ставится объект, номер которого совпадает с номером строки сигнальной матрицы полностью состоящей из нулей. Остальные объекты в потоке выстраиваются в порядке увеличения суммы по строкам сигнальной матрицы. Если сигнальная матрица содержит большое количество единиц, то есть отсутствует строка, содержащая одни нули, то в этом случае необходимо получить возможные полные последовательности, содержащие номера всех объектов только по одному разу. Полные последовательности строятся с использованием следующего правила: рассматривая строку i , то единицы, стоящие в этой строке обозначают, что

переход с объекта i на объект, номер которого совпадает с номером столбца, в котором стоит единица, приводит к уменьшению общей продолжительности выполнения работ, а переход с объекта i на объект, номер которого совпадает с номером столбца, в котором стоит ноль, приводит к увеличению общей продолжительности выполнения работ.

4. Объекты выстраиваются в потоке согласно определенной выше очередности и записываются в матрицу для увязки работ согласно алгоритма увязки работ при поточном методе производства работ.

Естественно возникает вопрос о минимальной границе сокращения продолжительности выполнения работ. Ответ на этот вопрос дается следующим утверждением.

Утверждение 1. Нижней оценкой задачи о редакторе будет значение продолжительности, определяемое выражением

$$T_n = \sum_{i=1}^n (t_i + t_i). \quad (1)$$

Действительно, согласно условию задачи выполнение работ первого и третьего вида осуществляется одной и той же бригадой и может вестись только последовательно. Второй вид работы выполняется произвольным числом бригад (в общем случае число бригад должно равняться числу объектов) и, таким образом, выполняется параллельно. Если будет обеспечено выполнение второго вида работы в промежуток времени с момента завершения первого вида работы на этом объекте и моментом начала третьего вида работы на этом объекте, то бригада, выполняющая третий вид работы не будет простаивать в ожидании фронта работ. Следовательно, теоретически минимально возможной продолжительностью выполнения работ на всех объектах будет суммарная продолжительность выполнения первого и третьего вида работы на всех объектах.

Условия, когда возможно получить минимальную продолжительность выполнения работ, определяются утверждением 2.

Утверждение 2. Оптимальное решение задачи о редакторе будет совпадать с минимальной оценкой $T_n = \sum_{i=1}^n (t_i + t_i)$ в том случае если

для всех объектов, расставленных в порядке возрастания величины $t_i + l_i$ будет выполняться условие

$$l_k - \sum_{i=k+1}^n t_i \leq \sum_{i=1}^{k-1} t_i, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Отклонение фактической продолжительности выполнения всего комплекса работ на всех объектах от минимального значения, опреде-

ляемого соотношением (1) происходит за счет возникновения организационных перерывов. Организационные перерывы возникают в том случае, когда бригада, выполняющая третий вид работы, закончила работу на предыдущем объекте, но на следующий объект не может перейти, так как на этом объекте не закончен второй вид работы.

Таким образом, если удастся избежать организационных перерывов, то продолжительность выполнения работ будет совпадать с нижней оценочной границей. Для того, чтобы выполнение третьего вида работ осуществлялось без организационных перерывов, необходимо чтобы время окончания второго вида работы на объекте было бы меньше или равно времени окончания третьего вида работы на предыдущем объекте. Это можно записать следующим образом

$$\sum_{i=1}^k t_i + l_k \leq \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^{k-1} t_i, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Преобразуя это выражение, приходим к соотношению вида (2).

Следствие 1. Для того чтобы общая продолжительность выполнения комплекса работ на всех объектах была равна минимально необходимой величине, начало и окончание второго вида работы на каждом из объектов должно определяться следующими выражениями

$$t_{k2}^n = \sum_{i=1}^k t_i, \quad ,$$

$$t_{k2}^o = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^{k-1} t_i, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

где t_{k2}^n , t_{k2}^o - начало и окончание второго вида работы на k -ом объекте.

Приведенное следствие позволяет получить условия оптимального проектирования поточного производства работ для определения сроков выполнения субподрядных работ.

Рассмотрим обобщение задачи о редакторе. Пусть работы, подлежащие выполнению на объектах, зависят от работ выполняемых на других объектах. Такая зависимость на практике возможна в том случае, если ведется строительство комплекса объектов, когда готовность фронта работ определяется не только по завершенности предшествующих работ на данном объекте, но и от завершенности работ на другом объекте. В этом случае также может быть использован предложенный выше алгоритм определения оптимальной очередности включения объектов в поток.

Список литературы

1. Бурков В.Н., Ланда Б.Д., Ловецкий С.Е., Тейман А.И., Чернышев В.Н. Сетевые модели и задачи управления. М.: Советское радио, 1967. – 144 с.
2. Баркалов С.А., Буркова И.В., В.Н. Колпачев, Потапенко А.М. Модели и методы распределения ресурсов в управлении проектами. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. М.: 2004. 87 с.
3. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. – Л.: Стройиздат, 1990. – 160 с.

**КУЛЬТУРА КАК СИСТЕМА:
К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМНОЙ
МЕТОДОЛОГИИ В ГУМАНИТАРНЫХ НАУКАХ**

Г.Е. Гун

*Магнитогорская государственная консерватория (академия)
им. М.И.Глинки
г. Магнитогорск, Российская федерация, filosof_gun@mail.ru*

Представление о культуре как об устойчивом системном образовании, реализующем совокупность функций, имеет давнюю традицию в философии культуры и культурологии. Применение системной методологии в культурфилософских исследованиях привело к формированию концепций социальной и культурной систем. Сторонники данной концепции (Л. Уайт, К. Клакхон, А. Кребер и другие) рассматривали общество как структурный компонент совместной жизни людей, а культуру «как о содержательное наполнение этой структуры». [1, с.29] Б. Малиновский предлагал «считать каждую культуру функционально взаимосвязанной системой» и пытался обнаружить «общие законы функционирования человеческого общества как целого». [2, с.53]

Чтобы составить представление о культуре как системе целесообразно рассмотреть развитие представлений о системе у разных исследователей. Так, Л. фон Бергаланфи определяет систему как структуру, у которой элементы каким-то образом действуют друг на друга. В свою очередь П. Эткинс называет системой обособленную часть мира, обладающую эмерджентностью и относительной самодостаточностью. Свойство эмерджентности косвенно присутствует и в определении М.А.Гайдеса, который считает системой такую группу элементов, у которой результат взаимодействия отличается от результатов действия каждого из этих элементов в отдельности. Позднее в определе-

ниях системы появляется понятие цели. В.А. Анохин предлагает свое понимание системы как комплекса избирательно вовлеченных элементов, содействующих достижению заданного полезного результата, который принимается как системно образующий фактор. [3]

В последнее время в определение понятия системы наряду с элементами, связями и их свойствами и целями начинают включать наблюдателя. Впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой указал один из основоположников кибернетики У. Р. Эшби. М. Масарович и Я. Такахара в книге «Общая теория систем» считают, что система - «формальная взаимосвязь между наблюдаемыми признаками и свойствами».

Такие подходы объясняют существование устойчивых социокультурных образований гораздо лучше по сравнению с функционалистскими построениями, где «культурные и социальные феномены рассматривались как самодовлеющая реальность, а группа людей определялась не через дифференциацию функций или ролей, но через интегрирующие ее нормы или институты». [4, с.17]

Эффективность структурно-функциональной методологии при рассмотрении социокультурных систем заключается в том, что данном случае сравнивается не только количество элементов культурной системы, но и порядок их связи, структура и правила взаимодействия. Такая система, подвергаясь разрушительному воздействию извне, способна возвращать себе равновесие.

Системное понимание культуры и, в частности, ее художественной сферы способствовало расширительному толкованию этих явлений, соединению узконаучных дискурсов для более глубокого и целостного их понимания. Так, сегодня художественная культура рассматривается как сложное системное образование, в существовании которого можно выделить две важнейшие стороны. Первая связана с организационной стороной функционирования художественной культуры. В любом историческом типе культуры существуют особые социальные институты, которые отвечают за обеспечение условий функционирования художественной культуры, за создание, распространение и восприятие эстетических ценностей. Другая - объединяет творческую деятельность в сфере искусства и результаты этой деятельности. Это, прежде всего, сами произведения искусства с их особым языком, присущим каждому виду искусства в отдельности, творческий процесс их создания, особые отношения между автором и созданным им произведением искусства, отношения между автором – произведением – и ре-

ципиентом (тем, кто воспринимает произведение искусства). Именно благодаря искусству возможно восприятие мира в его целостности, в неразрывном единстве личного опыта, бытия культуры и опыта всего человечества. Нужно сказать, что в традиционных искусствоведческих подходах художественная культура отождествлялась только с последней составляющей, что заметно ограничивало исследовательские возможности. Системная методология раздвинула границы изучения, включив в поле исследования зрителя и процессы социального бытования искусства, что позволило заметно продвинуться в процессе целостного понимания художественной культуры.

Новым инвариантом системной методологии в условиях нарастания хаоса становится синергетика. С позиции синергетики, изучающей самоорганизацию динамических систем именно в состоянии неустойчивости, неравновесности и хаотичности, переходный период есть необходимое состояние системы, связанное с изменением вектора ее развития. Переходность означает временное состояние беспорядка, когда старые параметры организации отрицаются как неактуальные, а новые еще не сложились. В художественной культуре XX века эти признаки переходности налицо: отрицание художественной традиции, с одной стороны, и отсутствие чего-либо установившегося и понятного нового – с другой. Наиболее заметными характеристиками культуры XX века являются множественность, хаотичность и ризомность, что позволяет исследователям делать вывод о ее переходном, неустойчивом состоянии. Е.Б. Витель интерпретировал кризис художественной культуры XX века как системную закономерность.[6, с.76-78]

Неуравновешенное состояние системы в силу необходимости сопровождается хаосом. Однако именно этот неустойчивый период характеризуется повышенной креативностью, что объясняет интерес к прогнозированию будущего развития культуры вообще и художественной культуры в частности.

Причиной перехода системы к образованию нового порядка является исчерпанность смысла (как цели ее существования и складывания определенного порядка) предыдущей культурной и художественной системы и того, в чем ее порядок выражается. Для того чтобы возник хаос, т.е. система перешла в свое неустойчивое состояние, необходимо, чтобы неприятие выразилось не просто в отказе от старой идеи, но и в невозможности ее реализации, открытом протесте (теоретического и практического характера) и специальной разрушительной дея-

тельности. Одна из сторон процесса хаотизации системы – снятие бинарных оппозиций.

В культурных системах бинарности выполняют конструктивно-смысловую функцию. То, что они существуют в различных художественных эпохах, придает им характер постоянных вневременных свойств и доказывает существование метасистемы уровня более высокого, чем те, в которых они непосредственно проявляются. С помощью разветвленной сети бинарностей та или иная художественная система принимала определенный структурированный вид.[7, с.385-411]

К началу XX века система культуры и ее бинарные оппозиции представляли собой развитую подсистему художественной культуры. Разрушение этой системы было воспринято как взрыв и умирание искусства. На языке синергетики эффект скачка связан с перестройкой системы, с изменением направленности ее развития и естественным переходом системы от старого порядка к новому состоянию. Процесс смены режимов функционирования соединяется периодом вхождения системы в состояние хаоса, продолжительность которого обуславливается длительностью предшествующего периода. Это дает основание рассматривать художественную культуру XX и XXI веков как единый продолжающийся период хаоса. Таким образом, переход художественной системы от состояния покоя и порядка к неравновесному, неустойчивому и хаотизированному, в котором пребывает художественная культура XX века, есть процесс ликвидации смысла старой культуры, который находит свое объяснение в синергетике.

В сфере гуманитарного знания существует ряд проблем, которые не могут быть решены на основе системной или синергетической парадигм. Так, в частности, с этих позиций не могут объяснить причины сходства и различий культурных систем, что до сих пор остается предметом научных дискуссий.

Другой проблемой является сохранение культурной самобытности. Говоря о наиболее важных чертах социальных и культурных систем, Т. Парсонс называет таковыми способность к восстановлению равновесия и самоорганизацию. Согласно представлениям ученого «тенденция процесса взаимодействия к самосохранению есть первый закон социальных процессов».[5, с.307] Здесь важно, как любые культурные системы (государства, народы, города), в процессе функционирования выживают в сложных кризисных обстоятельствах и при нежелательных вмешательствах извне.

Процесс глобальной модернизации культуры начался несколько столетий тому, но в XX веке приобрел лавинообразный характер. Его содержание заключается в утверждении материалистическо-сциентистско-технологического мировоззрения. Однако процессы глобализации и культурного нивелирования наталкиваются на автономность и закрытость некоторых культурных систем, которые пытаются сохранить и в отдельных случаях сохраняют свою самобытность, полностью или частично. Примеры подобного рода и заставляют задуматься о предельных состояниях культурных систем, позволяющих выстоять перед натиском общечеловеческой, глобальной цивилизации, не утратить своего лица. Не до конца понятно, как формируются силы, устраняющие негативные результаты подобного вмешательства, и до какого предела социальная система сохраняет свою способность к самовосстановлению. Такое понимание крайне необходимо в контексте процессов глобализации культуры и нарастания кризисных проявлений.

Можно констатировать, что системная методология (даже постоянно развивающаяся) имеет свою специфику и определенные границы применения в сфере социогуманитарного знания. Рассмотрение вопросов структурного построения, статики и динамики социокультурных систем, процессов культурных трансформаций современного общества находят развернутое объяснение в рамках этой методологической парадигмы. Однако противоречия, пограничные и проблемные состояния социокультурной сферы современного общества не могут быть объяснены только на ее основе. В этих случаях оказывается целесообразным использование специфических методов социально-гуманитарных наук.

Список литературы

1. Орлова, Э. А. Культурная (социальная) антропология [Текст] / Э. А. Орлова. - М., 2004.
2. Radcliffe-Brown, A. Further note on Ambrym. *Man* 29 (35). 1929.
3. Гайдес, М. А. Общая теория систем (системы и системный анализ). [Электронный ресурс] / М. А. Гайдес - Режим доступа: http://health.polbu.ru/gaides_systems/ch07_vii.html
4. Бродель, Ф. Структуры повседневности [Текст] / Ф. Бродель. - М., 1986.

5. Парсонс, Т. О социальных системах [Текст] / Т. Парсонс. - М., 2002.

6. Витель, Е.Б. Интерпретация кризиса художественной культуры XX в. как системной закономерности [Текст] / Е.Б. Витель // Культурология. - 2008.

7. Астафьева, О.Н. Преодоление оппозиционной бинарности [Текст] / О.Н.Астафьева // Синергетическая парадигма: Человек и общество в условиях нестабильности. - М.: Прогресс-Традиция, 2003.

АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ СДЕЛКАХ M&A

И.Е. Копанева

*Пермский государственный технический университет,
г. Пермь, Россия, suprimalex@mail.ru*

Для обозначения экономических процессов укрупнения бизнеса и капитала, происходящих на макро- и микроэкономическом уровнях, применяется термин M&A (сокр. от англ. Mergers and Acquisitions) — «Слияния и поглощения». Любая процедура слияния является уникальной, имеющая конечные цели и реализуемая в условиях ограниченных ресурсов. Процедуру объединения можно считать инвестиционным проектом, в том числе по причине того, что многие компании при свершении сделки M&A рассчитывают на привлечение внешних инвестиций.

В настоящее время эксперты выделяют четыре основные проблемы [1] при сделках M&A, к одной из которых относят риски судебных разбирательств. Однако, по данным Mergers & Acquisitions Journal [2] две трети слияний не окупает вложенных в них средств. Более половины объединившихся компаний отстают в своем развитии и вновь разделяются на самостоятельные компании [3]. Стоит лишь отметить, что описанные угрозы вовсе не относятся к рискам судебных разбирательств.

В указанной работе [1] к одной из проблем практики проведения сделок M&A относят вопрос – следует ли учитывать синергетический эффект от слияния? Однако, глядя на «печальную» статистику, приведенный вопрос может быть переформулирован - следует ли **рассчитывать** на синергетический эффект от слияния?

При операциях по слиянию возникает парадокс. Одним из традиционных средств управления рисками является его диверсификация, то есть распределение, обратную процедуру которой можно наблюдать

при укрупнении компаний, когда различные факторы риска соединяются вместе. В условиях повышенной опасности возникает новый вопрос – как учитывать **возможный отрицательный** синергетический эффект?

Одной из причин неудачи объединения является недооценка требуемых инвестиций. В таких условиях рассчитывать на традиционный поиск внешнего инвестора нельзя. Необходим инструмент, позволяющий оценить инвестиционную привлекательность компаний. На рис. 1 приведены функции чувствительности, описывающие инвестиционную привлекательность компании в зависимости от размера процентной ставки, под который берутся заемные средства. Такие функции чувствительности строятся при различных фиксированных значениях уровня безопасности (обратная шкала уровня риска). Шкала заказчика определяется интервалом $[d_{min}, d_{max}]$, где d_{min} – можно считать безрисковой ставкой, минимальным значением, на которое согласится Инвестор, а значит и вынужден согласиться заказчик. Увеличение процентной ставки отрицательно сказывается для Заказчика, поскольку влечет увеличение размера выплат Инвестору. В таком случае d_{max} – максимальное значение процентной ставки, на которую может согласиться Заказчик, для каждого заказчика определяется индивидуально. Естественно, что для Инвестора d_{max} не является граничным значением области определения.

Из рис. 1 видно, что при уровне безопасности $X_B = 1,5$ в точке **A** снижение процентной ставки приводит к уменьшению инвестиционной привлекательности, но при уровне безопасности $X_B = 2,5$ уменьшение Rd не приводит к снижению привлекательности, более того в точке **B** начинается рост привлекательности, которого при более рискованных условиях не наблюдалось. В точках **C** (уровень безопасности $X_B=3,5$) и **D** (уровень безопасности $X_B = 2,5$) видно, что при меньшем уровне риска инвестиционной привлекательности можно добиться при меньших значениях процентной ставки.

Такая информация может использоваться при проведении переговоров с потенциальными инвесторами, например, о том, что при условии выделения собственных средств Заказчика на обеспечение заданного уровня безопасности процентная ставка не может быть более определенного значения. Этот же подход может использоваться не для привлечения внешних инвестиций, а при распределении долей в создаваемой в результате M&A новой компании между собственниками старых.

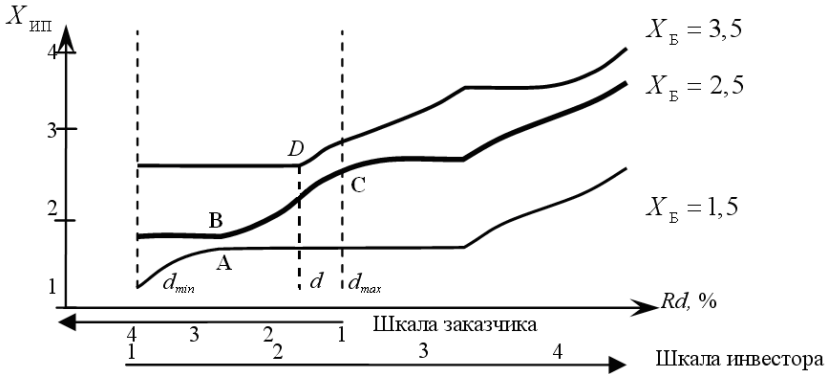


Рис. 1. Зависимость инвестиционной привлекательности от процентной ставки

На основе анализа функций чувствительности инвестиционной привлекательности может быть построена система поддержки принятия решений в задачах управления рисками при сделках М&А. Однако, естественный вопрос, который может появиться у любого управляющего – до каких пор риски снижать эффективно? Как можно было убедиться из рис. 1, действительно, снижая риски можно обеспечить необходимый уровень безопасности сделки для того, что бы инвестор со своей стороны согласился предоставить инвестиции I , но затраты на снижение уровня риска $S_{упр}$ могут превысить размер выплат инвестору $S_{вып}$. Например, в точке С (см. рис. 1) затраты на выплаты задолженности инвестору составляют $I(I+d_{max})$, а в точке D затраты на выплаты инвестору меньше и составляют $I(I+d)$, но в тоже время $S_{упр}$ такие, что совокупность затрат $I(I+d)+S_{упр}$ могут оказаться больше $I(I+d_{max})$.

Концептуальная постановка задачи минимизации затрат заказчика при привлечении инвестиций и на управление рисками приведена на рис. 2.

Немаловажным вопросом является оценка эффективности отдельных методов управления рисками. Для решения этой задачи можно использовать, как это предложено в [4], соотношение прироста чистой приведенной стоимости NPV с произведенными затратами S

$$t_{opt}^{NPV} = Ind_t \max_m \left(\frac{NPV^t - NPV}{S^t} \right),$$

где t – оптимальный метод или комбинация методов управления рисками из набора всех методов m , NPV^t – чистая приведенная стоимость с учетом управления рисками методом t , S^t – сумма затрат необходи-

мых для реализации метода t . Данный показатель t_{opt}^{NPV} может интерпретироваться как рентабельность средств на управление рисками.

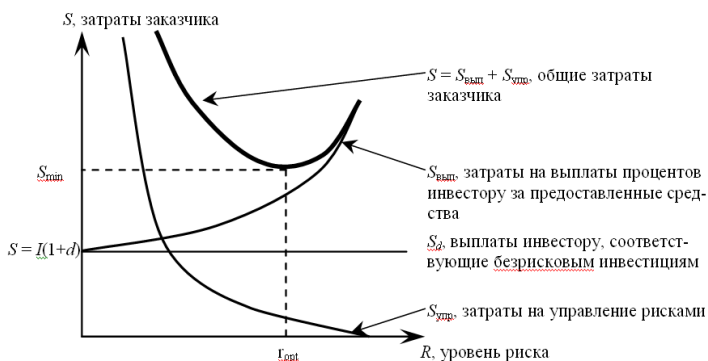


Рис. 2. Минимизация затрат заказчика

В работе описаны следующие результаты: предложен подход к определению инвестиционной привлекательности основанной на соотношении уровня безопасности и доходности M&A сделки; поставлена задача минимизации затрат на управление рисками.

Список литературы

1. Лениченко И. M&A Нужна ли бизнесу достоверная оценка? Журнал Оценочная деятельность. Бюллетень1 (4). 2010. № 8. С. 100-105 [электронный ресурс]: URL – http://smao.ru/files/magazine/2010/1/FULL_new.pdf (дата обращения 11.04.11).
2. Mergers & Acquisitions Journal [электронный ресурс]: URL - <http://www.ma-journal.ru/> (дата обращения 11.04.11)
3. Бочкарев А., Краснова В. Разумный корпоративный эгоизм Журнал Эксперт № 43(159) 16 ноября 1998. – С. 21-25.
4. Алексеев А.О. Управление многофакторными рисками // Управление большими системами: материалы VII Всерос. школы-конф. молодых ученых Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2010. – Т. 1. – С. 128–132.

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ О ВУЗЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА СОЦИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

С.Н. Павлов

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г. И. Носова»,
Г. Магнитогорск, Российская Федерация.
E-mail: public@magtu.ru*

В статье рассматриваются проблема формирования общественного мнения вузом для использования его в качестве инструмента социального управления, а также разработанные автором организационно-педагогические условия и модель формирования общественного мнения, повышающие его эффективность.

Ключевые слова: общественное мнение, социальное управление, организационно-педагогические условия, моделирование

В последние годы значительно усилилось внимание органов управления вузами к общественному мнению. И это вполне объяснимо: стремление действовать в соответствии с общественными интересами и нравственными нормами вызывает у ректората вузов потребность в четких ориентирах. Их и призвано дать общественное мнение, характеризующее настроение людей, их отношение к постоянно меняющейся научной, политической, экономической, социальной ситуации, к тем или иным способам реформирования высшей школы.

Соотношение общественного мнения и социального управления характеризуется основными признаками — воздействием на общественное мнение органов управления вузом с целью его формирования, а также включенностью общественного мнения в управленческий процесс.

Под общественным мнением мы понимаем отношение индивидов, социальных групп, социальных общностей к конкретным фактам, процессам, явлениям общественной жизни, посредством которого они на нее влияют, подчиняют, управляют [1].

Необходимо отметить, что среди многих видов социальной информации, на основе которой осуществляется управление, особое место занимает общественное мнение. Социальную информацию, используемую управленческими структурами, нельзя признать полной, если в ней отсутствует информация об общественном мнении. По-

следняя не только образует один из видов информации, но и пронизывает все иные ее виды (например, экономическую, политическую, юридическую). Следовательно, мы можем сделать вывод о том, что общественное мнение необходимо рассматривать в качестве одного из исходных элементов политического и социального управления. Исходя из этого, ряд ученых (Р. А. Сафаров, Д. Ганчев, В. Шепель и др.) [2, 3, 4] делают вывод о том, что общественное мнение имеет управленческую ценность, которая определяется следующими проявлениями:

1. Общественное мнение имеет значение первичной социальной информации. В обществе постоянно происходит интенсивная циркуляция информации, касающейся целей и задач, форм, и методов управления, принятия и исполнения решений по текущим и перспективным управленческим проблемам. Общественное мнение по принципиальным вопросам выражает свою позицию как требование, т.е. своего рода общественную норму, которая не должна игнорироваться.

2. Общественное мнение сообщает информацию об общественных потребностях и интересах, суждениях и воле. Общественные потребности непосредственно или опосредовано обуславливают содержание общественного мнения. В свою очередь, общественное мнение воздействует на общественные потребности, изменяя их структуру. Для органов управления вузом существенное значение имеют не только потребности как таковые, но и мотивы их оценок, которые формируются членами коллектива, потребителями образовательных услуг. Ценность О. М. для руководства вуза заключается в том, что зная его, можно получить информацию об отнесении одних потребностей к категории первоочередных, других — к категории второстепенных, составить достаточно полное представление о последовательности их удовлетворения. Тем самым О. М. можно использовать при разработке целей, определения принципов и формулировании концепции управления вузом.

3. Общественное мнение содержит информацию о прошлом, настоящем и будущем состоянии объектов управления. Располагая ею, ректорат может заблаговременно учитывать оценки, реакцию и ожидания общества в процессе реализации своих функций. Поэтому выявление О. М. следует рассматривать как один из важных методов управленческого прогнозирования, прогноз кроме того содержит сведения для принятия управленческих решений с учетом О. М.

4. Предпосылкой эффективного управления можно считать знание О. М. Важным условием повышения эффективности организа-

ции управления вузом является дальнейшее развитие демократических начал. Эффективность управления с учетом О. М. усиливается и благодаря тому, что такое управление вызывает положительную реакцию, которая чрезвычайно важна для рационального достижения целей управления.

Таким образом, можно сделать вывод, что роль О. М. в становлении и развитии управления вузом целиком вытекает из его управленческих ценностей.

Как любое явление окружающей нас действительности общественное мнение по тем или иным вопросам проходит различные стадии — оно рождается, достигает определенной зрелости и умирает или реализует себя в конкретных проявлениях жизни, т.е. проходит определенные этапы. Анализ литературы показывает, что у исследователей существует несколько подходов к выделению этапов (А. К. Уледов, Д. Ганчев, А. Вайсбург). Наиболее плодотворным, на наш взгляд, является подход А. А. Вайсбурга, позволяющий в совокупности с этапами рассматривать и систему методов формирования общественного мнения. Он выделяет четыре последовательно соединенных между собой этапа. *Первый — выяснение и изучение индивидуальных мнений. Второй — выработка правильных оценочных суждений. Третий — обобщение и объединение мнений. Четвертый — материализация сформировавшегося общественного мнения в целенаправленную деятельность и традиции коллектива.*

Анализ практики формирования общественного мнения вузами привел нас мысли о необходимости выработки организационно-педагогических условий, повышающих эффективность его формирования. На основе анализа собственного опыта и наблюдений нами выделены следующие организационно-педагогические условия формирования общественного мнения вузом, касающиеся как внутренней, так и внешней среды, которые прошли апробацию экспериментальным путем и подтвердили свою эффективность. Назовем их: *1. Высокий уровень готовности руководителя вуза к продуктивному общению при организации публичных встреч. 2. Наличие в системе управления вузом организационной структуры, занимающейся формированием общественного мнения и эффективно использующей властные основания. 3. Специфическое моделирование действительности при передаче информации населению в системе местного самоуправления. 4. Соответствие модели личностно-деловых качеств руководителя вуза первичной презентации имиджа в ходе реализации наказов кол-*

лектива, высказанных при избрании на должность ректора (см. подробнее) [6].

Исходя из установки, что формирование общественного мнения вузом в современных условиях — сложный процесс, слагаемыми которого, как мы определили, являются правильный выбор целей и задач, выявление и анализ индивидуальных мнений, система рационального планирования и прогнозирования, организация взаимодействия руководства вуза и аудитории (студенты, сотрудники, население), эффективный контроль, мы считаем необходима модель его формирования. Построение концептуальной модели, мы осуществили с учетом положений **системного, лично-ориентированного и деятельностного подходов** (рис. 1), которая позволяет системно и целенаправленно формировать компетентное здоровое общественное мнение о вузе.

Таким образом, формирование общественного мнения является одной из важнейших задач, решаемых ректоратом вузов для использования в качестве инструмента социального управления.

Список литературы

1. Лопаева В. В. Общественное мнение и законодательство. // Социологические исследования. — 1997. — № 9 — с. 16
2. Сафаров Р. А. Общественное мнение и государственное управление — М: «Юридическая литература», 1975. — 255 с.
3. Ганчев Д. Изучение и формирование общественного мнения. М., 1983 — 228 с.
4. Шепель В. М. Управленческая психология. — М.: Экономика, 1964. — 48 с.
5. Вайсбург А. А. Формирование Общественного мнения в школьном коллективе. — Йошкар-Ола.: Марийское книжное издательство, 1973. — 77.
6. Павлов С. Н. Работа вуза по информированию населения и установлению общественных связей [текст] С. Н, Павлов. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И, Носова. — 2009. — № 2. — с. 77 – 81.

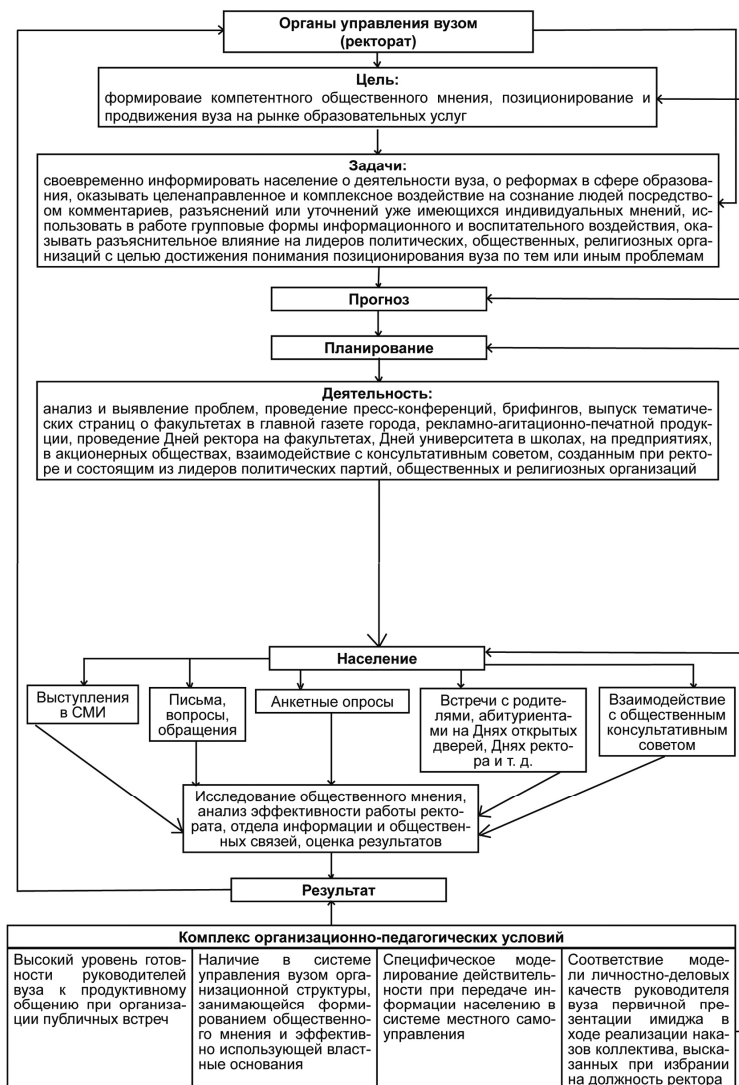


Рис. 1. Концептуальная модель формирования общественного мнения органами управления вузом

Секция
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В УПРАВЛЕНИИ»

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ ДЛЯ ГРУППЫ РАЗРАБОТЧИКОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.А. Клименко

Южный Федеральный Университет

Россия, г. Ростов-на-Дону, antklim@gmail.com

При проектировании и реализации любой крупной задачи появляется необходимость в оптимальном распределении работ среди разработчиков. В данный момент среди команд программистов широкое распространение получила методология экстремального программирования. Экстремальное программирование (Extreme Programming, XP) – дисциплина разработки ПО и ведения бизнеса в области создания программных продуктов, которая фиксирует усилия обеих сторон (программистов и бизнесменов) на общих целях [1]. При таком подходе долгосрочное планирование зачастую оказывается бесполезным. Одним из наиболее подходящих методов планирования является постановка и решение задачи о назначениях.

Наиболее эффективным методом решения задачи о назначениях является «венгерский» алгоритм [2]. Приведем решение данной задачи с использованием модифицированного «венгерского» алгоритма. Для начала рассмотрим простой случай с n разработчиками, m задач и равными значениями n и m ($n = m$).

Рассмотрим исходную матрицу времени выполнения работ.

Таблица 1

Матрица времени выполнения работ

	1	2	3	...	m
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	$C_{1...}$	C_{1m}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	$C_{2...}$	C_{2m}
...	$C_{...1}$	$C_{...2}$	$C_{...3}$		$C_{...m}$
n	C_{n1}	C_{n2}	C_{n3}	$C_{n...}$	C_{nm}

Здесь C_{ij} , $i = 1, n$ $j = 1, m$ время выполнения i -м сотрудником j -го задания. Так как в качестве решения необходимо знать, какой разработчик должен выполнять ту или иную работу, то, решение можно записать в виде массива D :

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$$

Здесь индекс d соответствует номеру работы, а значение d_j соответствует номеру разработчика, назначенного на j -ю работу. На каждом шаге алгоритма будем выбирать для каждой строки минимальное значение. Затем выберем минимальное из этих минимальных. Если минимальные значения совпадают, то берем значения, находящиеся в северо-западном углу (не всегда верно для матриц размерности 2×2) матрицы. Записываем номер строки минимального значения в соответствующую ячейку массива D . Удаляем строку и столбец, на пересечении которых находится найденный элемент. Повторяем шаг с новой матрицей.

Преимущество данного алгоритма над стандартным «венгерским» заключается в том, что на каждом шаге вычислительная сложность уменьшается, так как уменьшается размерность исходной матрицы, соответственно уменьшается количество элементов, подверженных обработке. Однако и данный алгоритм можно оптимизировать.

Так как на каждом из шагов алгоритма значения элементов матрицы не изменяются, то и минимальные значения элементов в строках не поменяются. Таким образом, на первом шаге алгоритма необходимо выбрать по каждой из строк матрицы минимальное значение и номера столбцов, в которых содержатся эти значения. Учтем замечания о выборе минимального элемента для матриц размерности 2×2 .

Шаг 1.

$$D = \underbrace{\{0, 0, \dots, 0\}}_m \quad (1)$$

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ & & \dots & \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nm} \end{pmatrix} \rightarrow M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\} \quad (2)$$

$$M_i = \begin{cases} \min(c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im}) = \bar{m} \\ J = \{j : c_{ij} = \bar{m}\} \end{cases} \quad (3)$$

Каждый M_i содержит в себе минимальное значение и индексы столбцов, в которых оно встречается. Вся дальнейшая работа проводится над массивом M . Чтобы не зависеть от порядка следования элементов в массиве M и иметь возможность удалить элементы из массива, модифицируем структуру элемента массива, указанную в (3). Добавим еще номер строки.

$$M_i = \begin{cases} i \\ \min(c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im}) = \bar{m} \\ J = \{j : c_{ij} = \bar{m}\} \end{cases} \quad (4)$$

Шаг 2.

Находим M_i с наименьшим \bar{m} . Если таких несколько, то выбираем с наименьшим значением i . Далее, если элементов в массиве больше двух, то занесем i в массив D в ячейку с номером, совпадающим с наименьшим значением j M_i -го элемента. Затем M_i можно удалить из массива M , а все элементы с таким же значением j заменить на элемент с минимальным значением, полученным из столбцов матрицы с другими номерами и вернуться на начало шага 2.

На последней итерации, когда в массиве M останется два элемента, необходимо сделать проверку на пересечение значений j в оставшихся элементах, и выбрать непересекающиеся.

Далее рассмотрим ситуацию, когда $n > m$. Шаги 1 и 2 будут такими же, как и в случае когда $n = m$. Отличие только в финальном шаге. На последней итерации в массиве M останется $n - m + 2$ элемента. Основываясь на данных из предыдущих итераций об обработанных i и j , получаем итоговую матрицу размерности $(n - m + 2) * 2$. Для каждой строки матрицы получим суммы первого элемента со вторыми элементами остальных строк. Индексы строк элементов, давших наименьшую сумму, заносятся в соответствующие позиции итогового вектора D .

Теперь перейдем к рассмотрению случая $n > m$. Данный случай является наиболее тяжелым из всех ранее рассмотренных. В данном

случае алгоритм будет применен $\frac{m}{n} + 1$ раз. Первый шаг такой же,

как и в предыдущих случаях. На втором шаге вычеркиваем самый левый столбец матрицы, в котором содержится наименьший элемент. Строку, в которой находился этот элемент, помечаем как временно использованный. Далее выбираем минимальный элемент по оставшимся строкам матрицы. Возвращаемся на начало шага 2 и удаляем очередной столбец матрицы. Как только возникнет ситуация, когда останется только одна непомеченная как используемая строка матрицы, то выбираем в ней минимальный элемент и удаляем из матрицы крайний левый столбец, содержащий данный элемент. После этого снимаем пометки на строках и возвращаемся на начало шага 2.

Данная итерация продолжается пока не будут обработаны все столбцы матрицы.

Аналогично первым двум случаям можно исходную матрицу представить в виде массива.

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2m} \\ & & \cdots & \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nm} \end{pmatrix} \rightarrow M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\} \quad (5)$$

В отличие от рассмотренных ранее алгоритмов структура элемента M_i будет иной.

$$M_i = \begin{cases} i \\ u = \overline{0,1} \\ \min(c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im}) = \overline{m} \\ J = \{j : c_{ij} = \overline{m}\} \end{cases} \quad (6)$$

Здесь параметр u принимает значение 0, если элемент M_i решено использовать и значение 1, если элемент M_i временно использован.

Шаг 2 данного алгоритма отличается от рассмотренных, для случаев $n = m$, $n > m$ тем, что M_i элемент не удаляется из массива, а помечается как временно использованный. Данная пометка снимается со всех элементов, как только не найдено более свободных.

Таким образом, был описан алгоритм для разового нахождения оптимального назначения. Однако на практике зачастую разработку ведет группа специалистов, а сама задача может быть разделена на несколько простых подзадач. Необходимо подобрать команду специалистов таким образом, чтобы задача была решена в максимально короткие сроки. Иными словами, необходимо последовательно решить несколько задач о назначении и при этом получить оптимальную последовательность.

Для начала рассмотрим случай, когда части основной задачи не зависят друг от друга и могут быть обработаны в любом порядке. Пусть имеется N разработчиков и M типов задач.

Пусть также основная задача распадается на K подзадач:

$$T = \{C_k, k = \overline{1, K}\}, \quad (7)$$

где C_k представляют собой матрицы назначения.

Рассмотрим ситуацию: $N = M = K = 3$. Тогда имеем три матрицы:

$$C_1 = \begin{pmatrix} c_{11}^1 & c_{12}^1 & c_{13}^1 \\ c_{21}^1 & c_{22}^1 & c_{23}^1 \\ c_{31}^1 & c_{32}^1 & c_{33}^1 \end{pmatrix} C_2 = \begin{pmatrix} c_{11}^2 & c_{12}^2 & c_{13}^2 \\ c_{21}^2 & c_{22}^2 & c_{23}^2 \\ c_{31}^2 & c_{32}^2 & c_{33}^2 \end{pmatrix} C_3 = \begin{pmatrix} c_{11}^3 & c_{12}^3 & c_{13}^3 \\ c_{21}^3 & c_{22}^3 & c_{23}^3 \\ c_{31}^3 & c_{32}^3 & c_{33}^3 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Применив шаг 1 алгоритма, для каждой из этих матриц получим три массива:

$$M^1 = \{M_1^1, M_2^1, M_3^1\} \quad M^2 = \{M_1^2, M_2^2, M_3^2\} \quad M^3 = \{M_1^3, M_2^3, M_3^3\} \quad (9)$$

Применив алгоритм, далее получим три массива решений:

$$D^1 = \{d_1^1, d_2^1, d_3^1\} \quad D^2 = \{d_1^2, d_2^2, d_3^2\} \quad D^3 = \{d_1^3, d_2^3, d_3^3\} \quad (10)$$

Полученные результаты можно записать в виде матрицы. Такая запись даст возможность управлять последовательностью работ, путем перестановок отдельных строк матрицы.

$$\overline{D} = \begin{pmatrix} d_1^1, d_2^1, d_3^1 \\ d_1^2, d_2^2, d_3^2 \\ d_1^3, d_2^3, d_3^3 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Таким образом, мы получили решение задачи о назначении для задач сложного типа без зависимостей между подзадачами. Был рассмотрен случай для трех подзадач, но данный алгоритм действителен и для любого целого положительного K . В общем случае решение будет иметь вид:

$$\overline{D} = \begin{pmatrix} d_1^1, d_2^1, \dots, d_N^1 \\ d_1^2, d_2^2, \dots, d_N^2 \\ \dots \\ d_1^K, d_2^K, \dots, d_N^K \end{pmatrix} \quad (12)$$

Далее усложним задачу. Введем зависимости между задачами, то есть ограничения на последовательность выполнения тех или иных работ. Для описания последовательности работ построим орграф, вершинами которого являются подзадачи:

$$G = \{g_k, k = \overline{1, K}\} \quad (13)$$

Пусть также каждая вершина имеет вес, равный суммарному времени выполнения работ по подзадаче. Тогда решением задачи о назначении с зависимыми подзадачами станет нахождение пути проходящего через все вершины графа. Суммарное время выполнения работ – сумма весов вершин графа.

Следует также заметить, что данная модификация алгоритма является более эффективной. Как известно, временная сложность оригинального алгоритма составляет $O(n^4)$, либо $O(n^3)$ для модифицированного Эдмондсом и Карпом, либо Томидзавой алгоритмов. Проведя анализ данного алгоритма, можно сказать, что наихудшая оценка временной сложности его составляет $O(n^2)$. Эффективность алгоритма также достигается тем, что основные вычисления переведены из двумерного множества $n \times m$ в одномерное, размерностью m . Также преимуществом данного алгоритма является то, что на каждом последующем шаге обрабатывается все меньшее количество данных, чем на предыдущем. Это делает данный алгоритм не таким чувствительным к размерности матрицы времени/стоимости выполнения работ. Еще один плюс данного подхода заключается в том, что оригинальный алгоритм позволяет работать только с квадратными матрицами. Представленный алгоритм легко реализуется для прямоугольных матриц.

В табл. 2 приведены результаты практической проверки временной сложности алгоритма.

Таблица 2

Время работы алгоритма

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1600
1	0,016	0,004	0,008	0,005	0,013	0,018	0,007	0,008	0,014	9,327
2	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006	0,007	0,009	0,009	9,442
3	0,010	0,004	0,004	0,007	0,005	0,006	0,007	0,007	0,005	9,426
4	0,004	0,004	0,11	0,005	0,012	0,008	0,012	0,014	0,018	9,282
5	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,011	0,007	0,011	0,012	9,412
6	0,005	0,004	0,005	0,005	0,012	0,012	0,009	0,010	0,019	9,434
7	0,005	0,004	0,006	0,004	0,005	0,006	0,016	0,015	0,015	9,382
8	0,004	0,004	0,005	0,005	0,010	0,007	0,009	0,012	0,009	9,533
9	0,004	0,006	0,005	0,011	0,005	0,006	0,010	0,008	0,017	9,541
10	0,004	0,006	0,005	0,005	0,006	0,006	0,008	0,008	0,013	9,714
Ср.	0,006	0,004	0,015	0,006	0,008	0,009	0,009	0,010	0,013	9,449

В заголовках столбцов указаны размерности матриц. Для каждой размерности было сделано по 10 замеров. Время в таблице указано в секундах.

Алгоритм реализован на языке программирования С. Тесты проводились на ноутбуке Acer Aspire 5100. Формулы (3), (4), и (6) были реализованы с использованием типа данных struct. На первом шаге алгоритма формируется двунаправленный список, каждый элемент которого представляет собой такую структуру. Затем, на каждом витке алгоритма из списка удаляется по одному элементу, и происходит пересчет минимальных значений для тех элементов, которые имели минимальный элемент в обработанном столбце.

Стоит заметить, что значительную роль на увеличение времени обработки с увеличением размерности входной матрицы играет вывод результата. В таблице приведено суммарное время работы (расчеты и вывод).

Список литературы

1. Кент Бек Экстремальное программирование. – СПб.: Питер, 2010.
2. Гинзбург А. И. Экономический анализ: Предмет и методы. Моделирование ситуаций. Оценка управленческих решений: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2003. – 622 с.
3. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн Алгоритмы: построение и анализ. Introduction to Algorithms. – 2-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 1296 с. – ISBN 0-07-013151-1
4. Дональд Кнут Искусство программирования, том 1. Основные алгоритмы. The Art of Computer Programming, vol. 1. Fundamental Algorithms. – 3-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 720 с. – ISBN 0-201-89683-4

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГТС

С.В. Спиридонов

*Институт Проблем Управления РАН,
Москва, Россия, spirid@ipu.ru*

При моделировании нелинейной, сильноразветвленной сложной системы, такой как единая система газоснабжения (ЕСГ), встает проблема большой размерности задачи. Одной из задач, стоящей при управлении ЕСГ, является оперативный расчет потоковых задач в нелинейных сетях, например гидравлического расчета системы газопроводов произвольной конфигурации:

- закольцованных газораспределительных сетей газопроводов больших городов и других населенных пунктов,
- магистральных газопроводов с промежуточными притоками (источниками), отборами (стоками) и компрессорными станциями.

Решение таких задач в режиме оперативного диспетчерского управления затруднительно в виду системных свойств ЕСГ. С другой стороны, существует возможность существенно сократить время расчета задачи без уменьшения точности за счет использования вычислительного кластера с использованием соответствующих алгоритмов [1].

Представим ГТС в виде не ориентированного графа $G=(S,E)$. Каждой вершине $i\tilde{I}S$ и каждому ребру $(i,j)\tilde{I}E$ графа G поставим в соответствие значение давления p_i и весового расхода газа q_{ij} в соответствующих узлах и ветвях рассматриваемой системы газопроводов. Тогда, каждой паре вершин $(i\tilde{I}S)$ и $(j\tilde{I}S)$, соединенных ребром $(i,j)\tilde{I}E$, можно поставить в соответствие соотношение $F_{ij}(p_i, p_j)(p_i - p_j) = q_{ij}$, связывающее величины p_i, p_j, q_{ij} для соответствующей ветви (линейного участка) любых типов газотранспортных сетей при установленном (стационарном) режиме транспорта газа. В результате получается следующая система уравнений, описывающая целый класс потоковых задач в гидравлических трубопроводных цепях (нефтепроводных, водопроводных, тепловых и др. сетях), в стержневых системах

$$(1) \quad \sum_{j \in S_i} F_{ji}(p_j, p_i)(p_j - p_i) = q_i, \quad i=1, \dots, |S|; \quad p_j = p_j^0, \quad \forall j \in S_0$$

Для решения системы (1) можно воспользоваться методом простой итерации

$$(2) \quad \sum_{j \in S_i} F_{ji}(p_j^{(n-1)}, p_i^{(n-1)})(p_j^{(n)} - p_i^{(n)}) = q_i, \\ i = 1, \dots, |S|; \quad p_j^{(n)} = p_j^0, \quad \forall j \in S_0.$$

или в матричном виде

$$(3) \quad \mathbf{A}(\mathbf{P}^{(n-1)})\mathbf{P}^{(n)} = \mathbf{Q}.$$

Пусть на n итерации известны значения $p_j^{(n-1)}$, тогда решая систему уравнений (2) можно определить значения $p_j^{(n)}$, а затем, положив $F_{ij}(p_i^{(n)}, p_j^{(n)})$, можно перейти к вычислениям $p_j^{(n+1)}$ на $(n+1)$ -й итерации и т.д.

При произвольной конфигурации сети газопроводов матрица системы уравнений (2)-(3) будет иметь разреженную структуру с неупорядоченным расположением ненулевых элементов. Поэтому для построения эффективных итерационных алгоритмов с параллельными вычислениями необходимо сначала преобразовать $\mathbf{A}(\mathbf{P}^{(n-1)})$ методами (параллельных или вложенных) сечений узлов к согласованно упоря-

доченной (красно-черной) блочной («стреловидной») форме, т.е. к следующему формам

$$(4) \quad \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} & \mathbf{A}_{23} & \cdots & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{32} & \mathbf{A}_{33} & \cdots & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{A}_{m-1,m-1} & \mathbf{A}_{m-1,m} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{A}_{m,m-1} & \mathbf{A}_{m,m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1 \\ \mathbf{P}_2 \\ \mathbf{P}_3 \\ \vdots \\ \mathbf{P}_{m-1} \\ \mathbf{P}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_1 \\ \mathbf{Q}_2 \\ \mathbf{Q}_3 \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{m-1} \\ \mathbf{Q}_m \end{bmatrix}$$

или

$$(5) \quad \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{1m} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{22} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{2m} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{33} & \cdots & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{A}_{m-1,m-1} & \mathbf{A}_{m-1,m} \\ \mathbf{A}_{m1} & \mathbf{A}_{m2} & \mathbf{A}_{m3} & \cdots & \mathbf{A}_{m,m-1} & \mathbf{A}_{m,m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1 \\ \mathbf{P}_2 \\ \mathbf{P}_3 \\ \vdots \\ \mathbf{P}_{m-1} \\ \mathbf{P}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_1 \\ \mathbf{Q}_2 \\ \mathbf{Q}_3 \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{m-1} \\ \mathbf{Q}_m \end{bmatrix}$$

В общем случае матрица $A(P^{(n-1)})$ может содержать несколько внутренних стреловидных блоков, однако для простоты в изложении ограничимся представлением в уравнении (5).

Итеративное распараллеливание вычислений для блочно-трехдиагонального матричного уравнения заключается в одновременном решении блочных матричных уравнений

$$(6) \quad (\mathbf{A}_{(i+1)i} + \mathbf{A}_{ii} + \mathbf{A}_{i(i+1)})\mathbf{P}_i = \mathbf{Q}_i, \quad i=1, \dots, m.$$

Поскольку матрица \mathbf{A} в (6) является положительно определенной, итерационная схема является симметризуемой, т.е. существует такая невырожденная матрица \mathbf{W} , что $\mathbf{W}(\mathbf{I}-\mathbf{G})\mathbf{W}^{-1}$ симметрична и положительно определена. Следовательно, вместо уравнения (6) можно рассматривать предобусловленное уравнение

$$(7) \quad \begin{aligned} \bar{\mathbf{A}}\mathbf{u} &= \bar{\mathbf{Q}}, \\ \bar{\mathbf{A}} &= \mathbf{W}(\mathbf{I}-\mathbf{G})\mathbf{W}^{-1} = \mathbf{W}\mathbf{A}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{W}^{-1}, \\ \mathbf{u} &= \mathbf{W}\mathbf{P}, \quad \bar{\mathbf{Q}} = \mathbf{W}\mathbf{h} = \mathbf{W}\mathbf{A}^{-1}\mathbf{Q}. \end{aligned}$$

После соответствующих преобразований можно построить двухшаговую итерационную процедуру вычислений методом сопряженных градиентов

$$(8) \quad \begin{aligned} \mathbf{u}^{(k+1)} &= r_{k+1}(\mathbf{g}_{k+1}\bar{\delta}^{(k)} + u^{(k)}) + (1-r_{k+1})\mathbf{u}^{(k-1)}, \\ l_{k+1} &= \frac{(\mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)}, \mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)})}{(\mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)}, \mathbf{W}(\mathbf{I}-\mathbf{G})\bar{\delta}^{(k)})} = \left(1 - \frac{(\mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)}, \mathbf{W}\mathbf{G}\bar{\delta}^{(k)})}{(\mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)}, \mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)})}\right)^{-1}, \\ r_1 &= 1, \quad r_{k+1} = \left(1 - \frac{\mathbf{g}_{k+1}}{g_k} \frac{(\mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)}, \mathbf{W}\bar{\delta}^{(k)})}{(\mathbf{W}\bar{\delta}^{(k-1)}, \mathbf{W}\bar{\delta}^{(k-1)})} \frac{1}{r_k}\right)^{-1}, \quad k \geq 1. \end{aligned}$$

По заданному начальному приближению \mathbf{u}^0 в каждом блоке одновременно производятся первые итерации и обмен между сосед-

ними блоками значениями компонент вектора u^1 . Вторая итерация производится по рекуррентной формуле (8) с использованием предыдущих приближений u^0 и u^1 , а после вычисления значения u^2 осуществляется обмен информацией между соседними блоками. Последующие итерации производятся аналогично.

В случае «стреловидного» блочно-диагонального матричного уравнения распараллеливание используется специальный для красно-черного разбиения матрицы A вариант блочного метода Якоби с ускорением методом сопряженных градиентов. Для простоты изложения уравнения (5) представим в следующем виде

$$(5') \quad AP = Q \rightarrow \begin{bmatrix} D_R & H \\ H^T & D_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_R \\ P_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_R \\ Q_B \end{bmatrix},$$

где H^T – транспонированная матрица H , $D_B = A_{mm}$, $P_B = P_m$, $Q_B = Q_m$,

$$D_R = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_{22} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & A_{m-1, m-1} \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} A_{1m} \\ A_{2m} \\ \vdots \\ A_{m-1, m} \end{bmatrix}, \quad P_R = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_{m-1} \end{bmatrix}, \quad Q_R = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_{m-1} \end{bmatrix}$$

На каждой блочной итерации решения (7) решаются подсистемы $D_R P_R = Q_R$ и $D_B P_B = Q_B$ относительно P_R и P_B при заданных значениях Q_R и Q_B . Положив $F_R = -D_R^{-1}H$, $F_B = -D_B^{-1}H$, $C_R = -D_R^{-1}Q_R$, $C_B = -D_B^{-1}Q_R$, перепишем (5') в виде

$$(5'') \quad \begin{bmatrix} I & -F_R \\ -F_B & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_R \\ P_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_R \\ C_B \end{bmatrix}$$

Метод Якоби для системы (5'') имеет вид

$$(9) \quad P^{n+1} = B P^n + C,$$

где $C = (C_R^T, C_B^T)^T$, а матрица перехода B метода Якоби имеет вид

$$B = \begin{bmatrix} 0 & F_R \\ F_B & 0 \end{bmatrix}.$$

Из симметричности и положительной определенности матрицы A , а также из красно-черного разбиения следует, что собственные значения матрицы B действительны. При $W = \text{diag}(D_R^{1/2}, D_B^{1/2})$ или, в общем случае, $W = S$, где $S^T S = \text{diag}(D_R, D_B)$ метод Якоби является симметризуемым, т.е. матрица $W(I-B)W^{-1}$ симметрична и положительно определена. Для улучшения сходимости можно воспользоваться рекуррентной методами чебышевского ускорения или сопряженных градиентов.

Положив $U_R^{(k)} = P^{(2k-1)}_R$ и $U_B^{(k)} = P^{(2l)}_B$, рекуррентные процедуры при значениях $k \geq l$ можно реализовать по рекуррентной схеме

$$(10) \quad \mathbf{U}_R^{(k)} = \rho_R^{(k)} (\mathbf{F}_R \mathbf{U}_B^{(k)} + \mathbf{C}_R - \mathbf{U}_R^{(k-1)}) + \mathbf{U}_R^{(k-1)},$$

$$\mathbf{U}_B^{(k)} = \rho_B^{(k)} (\mathbf{F}_B \mathbf{U}_R^{(k)} + \mathbf{C}_B - \mathbf{U}_B^{(k-1)}) + \mathbf{U}_B^{(k-1)},$$

где $\rho_R^{(k)} = \rho_{2k-1}$ и $\rho_B^{(k)} = \rho_{2k}$.

Предложенные методы распараллеливания вычислений при математическом моделировании нелинейных сетей и других подобных систем являются достаточно простыми и обладают большой эффективностью. Численные эксперименты показывают, что эффективность распараллеливания растет с ростом числа узлов.

Список литературы

1. Ахметзянов А.В., Григорьев Л.И., Спиридонов С.В. *Структурные модели стационарных процессов в нелинейных сетях* // Информационные технологии и вычислительные системы №3 2007г с. 37-49.

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ МНОГОСЕТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Е.А. Ярошенко

*Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117806, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: ujinmiz@mail.ru*

При проектировании разработки нефтяных месторождений целесообразно предварительное построение модели разработки. Это позволяет опробовать несколько вариантов разработки и выбрать из них наиболее рациональный. Наиболее значимой, а иногда и единственной частью модели является гидродинамическая модель процессов фильтрации жидкостей в пластах нефтяных залежей. В процессе моделирования исходные дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие физические процессы, заменяются соответствующими системами конечно-разностных уравнений большой размерности, решение которых требует большого объема вычислений.

Задача моделирования является подзадачей задачи оптимального управления процессом разработки нефтяного месторождения. При этом следует отметить, что в задачах оптимизации процесс моделирование стоит повторять многократно. Это ведет к необходимости ис-

пользования таких алгоритмов и средств моделирования, которые позволят решать задачу моделирования в приемлемые сроки. Одним из таких средств является использование для решения поставленной задачи универсальной многосеточной технологии, которая обладает высокой степенью внутреннего параллелизма и в ряде случаев позволяет эффективно использовать в качестве аппаратного ресурса для моделирования многопроцессорные вычислительные комплексы.

В качестве объекта для исследования эффективности применения универсальной многосеточной технологии в работе рассматривается математическая модель двухфазной фильтрации воды и нефти, полученную на основе уравнений неразрывности и линейного обобщенного закона фильтрации Дарси.

$$\operatorname{div}\left(\frac{K_{\text{фн}}(s)}{m_{\text{н}}} + \frac{K_{\text{фв}}(s)}{m_{\text{в}}}\right) \mathbf{K}_{\text{а}}(x) \operatorname{grad} P - \operatorname{div}\left(\frac{K_{\text{фв}}(s)}{m_{\text{в}}}\right) \mathbf{K}_{\text{а}}(x) \operatorname{grad} P_{\text{к}}(s) = 0, \quad (1)$$

$$m \frac{\partial s}{\partial t} = \operatorname{div}\left(\frac{K_{\text{фн}}(s)}{m_{\text{н}}}\right) \mathbf{K}_{\text{а}}(x) \operatorname{grad} P - \operatorname{div}\left(\frac{K_{\text{фв}}(s)}{m_{\text{в}}}\right) \mathbf{K}_{\text{а}}(x) \operatorname{grad} P_{\text{к}}(s), \quad (2)$$

$$P_{\text{к}}(s) = P - P_{\text{в}} \quad (3)$$

$$s_{\text{н}} + s = 1 \quad (4)$$

Решение системы уравнений (1)-(2) возможно хорошо известным IMPES-методом, описанным, например, в [1]. По методу IMPES последовательно проводится расчет поля давлений и распределения насыщенностей в каждый дискретный момент времени. При этом на каждом временном этапе уравнение (1) решается относительно неизвестных давлений по неявной схеме, а уравнение (2) относительно неизвестных насыщенностей по явной схеме. Последовательное решение уравнений (1) и (2) можно организовать в итерационный процесс, что является более строгим с математической точки зрения. Организация такого итерационного процесса позволяет учитывать в уравнении (1) значения насыщенностей с того же временного слоя, на котором находятся искомые значения давлений.

Численное решение уравнения (1) по неявной схеме является достаточно трудоемким процессом с точки зрения объема вычислений. Поэтому для его решения целесообразно использовать так называемые экономичные методы решения ДУ. УМТ является модификацией одного из таких методов – классического многосеточного метода (КММ).

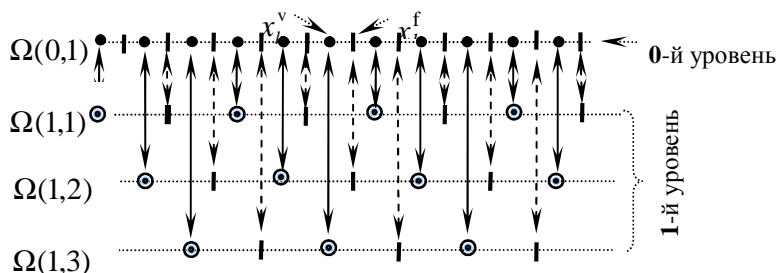


Рис. 1.

Одно из основных отличий КММ от УМТ заключается в процедуре построения грубых сеток. Исходную сетку $\Omega(0,1)$ представим как объединение трех более грубых и не пересекающихся сеток первого уровня (как показано на рис. 1), т.е. $\Omega(0,1) = \bigcup_{a=1}^{a=3} \Omega(1,a)$, $\Omega(1,a) \cap \Omega(1,b) = \emptyset, a \neq b$. Далее рекуррентным способом каждая из сеток $\Omega(1,a), a = \overline{1,3}$, рассматривается как исходная для сеток $\Omega(2,a), a = \overline{1, \dots, 3^2}$, а полученные девять еще более грубых сеток образуют второй уровень т.д.

Посещение уровней многосеточной структуры представляет собой пилообразный цикл. Решение ДУ начинается на самых грубых сетках, на этом этапе необходимо получить решение на множестве грубых сеток, которые смещены друг относительно друга на длину шага самой мелкой сетки. Подробнее об алгоритме реализации УМТ можно узнать в работах С.И. Мартыненко, например в [2].

В результате эксперимента по применению УМТ к модельной задаче были выявлены несколько случаев:

1. Начальное приближение к решению уравнения (1) является достаточно “плохим”. Здесь применение УМТ позволяет получить существенный эффект.

2. Начальное приближение к решению является таким, что для решения уравнения только на мелкой сетке потребовалось бы провести несколько десятков или сотен итераций. Здесь УМТ позволяет получить небольшое увеличение производительности.

3. Начальное приближение к решению является настолько “хорошим”, что для решения уравнения на самой мелкой сетки потребовалось бы всего несколько итераций. В данном случае применение УМТ может дать отрицательный эффект.

“Плохое” начальное приближение характерно для первого временного шага моделирования. Кроме того, такое возможно на тех временных шагах, на которых изменяются режимы эксплуатации скважин. В остальных случаях перед началом расчета поля давлений на временном шаге имеется достаточно хорошее начальное приближение к решению. Таким образом, применение УМТ на различных этапах расчета модели может быть оправданно или не оправданно.

Если в последовательных алгоритмах при оценке временных затрат на расчеты речь идет в основном непосредственно о затратах времени на вычисления, то в случае параллельных алгоритмов возникают также временные затраты на организацию параллельных вычислений. При реализации распараллеливания модельной задачи при помощи разбиения области пересылка данных происходит очень часто, но представляет собой пересылку небольших сообщений типа “точка-точка”. При распараллеливании УМТ при помощи динамических мелких сеток пересылка данных происходит редко, но объем пересылаемых данных очень велик, и подготовка их занимает много времени.

Для параллельного варианта УМТ хотелось бы отметить, как влияет время, затрачиваемое на пересылку данных между процессорами, на эффективность применения данного метода. Для ответа на этот вопрос необходимо провести сравнение времени, которое затрачивается на пересылку данных в УМТ, со временем проведения одной итерации вместе с пересылкой данных при использовании разбиения области. В таблице представлены результаты численного эксперимента, который проводился для оценки отношения времени пересылки данных в УМТ ко времени проведения одной итерации методом разбиения области на части.

Количество ядер	$T_{\text{пер}}/T_{\text{итер}}$
3	3 – 5 раз
9	10 – 19 раз
27	20 – 60 раз

Из таблицы видно, что с ростом числа вычислителей предпочтительность УМТ в сравнении с методом разбиения на подобласти падает. Очевидно, что нет необходимости использовать УМТ, если задачу можно решить методом разбиения на подобласти за время меньшее, чем займет пересылка данных в параллельном варианте УМТ. При этом следует учитывать, что сама по себе УМТ предпочтительная для случаев, когда решение требует большого количества итераций.

Список литературы

1. Генри Б. Кричлоу. Современная разработка нефтяных месторождений – проблемы моделирования. Москва: Недра, 1979.
2. Мартыненко С.И. Универсальная многосеточная технология для численного решения дифференциальных уравнений в частных производных на структурированных сетках. / Вычислительные методы и программирование, 2000. № 1. С. 83-102.
3. Дж. Деммель. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. М: Мир, 2001.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ

М.С. Зверева

Комсомольский-на-Амуре Государственный Технический Университет, г. Комсомольск-на-Амуре, Россия, zvereva.marya.s@yandex.ru

Часто в бизнесе принятие того или иного решения связано с риском [1]. Риск будем рассматривать как возможный ущерб от принятия того или иного решения, в виде финансовых, материальных и иных потерь. Стремление получить желаемую прибыль, минимизируя при этом риск, связано с обработкой различного рода информации, связанной, например, с ценой на товар, спросом и др. В данной работе предупреждение рискованных ситуаций при принятии решения осуществляется с помощью специально разработанной программы, которая могла бы с учетом задаваемых критериев выдавать искомый показатель эффективности (прибыль, доход, доходность) и составлять оптимальную структуру набора товаров.

Лица, принимающие решения (ЛПР), избегающие риска, при нахождении своего оптимального набора товаров, как правило, затрудняются в выборе типа модели, учитывающей как эффективность, так и риск. Будем рассматривать модели выбора оптимального набора товаров, описывающие коррелированные случайные процессы. Например, при выпуске бензина разных марок на одном предприятии неблагоприятное случайное событие (в экономике или на предприятии) отразится на производстве сразу всех марок. В статье описываются математические модели выбора оптимального портфеля ценных бумаг, доходности которых - коррелированные случайные величины.

Пусть x_i – доля начальной стоимости портфеля, инвестированная в ценную бумагу i ; \bar{r}_i – ожидаемая доходность ценной бумаги i ;

S_{ij} - ковариация доходностей ценных бумаг i и j ; N – количество ценных бумаг в портфеле.

Модель 1, основанная на линейной свертке типа суммы критериев ожидаемой доходности портфеля и дисперсии с весовым коэффициентом $\alpha > 0$ при дисперсии:
$$\sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i - \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j S_{ij}$$
 (модель

Г. Марковица [1]). Для нахождения оптимальной структуры портфеля $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$ решается следующая задача на экстремум:

$$\sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i - \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j S_{ij} \rightarrow \max_{x \in X}, \quad (1)$$

$$X = \{ x_i \geq 0, i = 1, \dots, N, \sum_{i=1}^N x_i = 1 \}.$$

Необходимые и достаточные условия экстремума задачи (1) для ненулевых x_i :

$$\bar{r}_i - \alpha \sum_{j=1}^N x_j S_{ij} - I = 0, i = 1, \dots, N, \sum_{i=1}^N x_i = 1. \quad (2)$$

Если некоторые $x_i = 0$, то система (2) становится меньшего порядка.

В приведенных ниже примерах использовано прикладное программное обеспечение MathCAD.

Пример 1. Рассмотрим три ценные бумаги с доходностями 16%, 32% и 22%, среднеквадратическими отклонениями $\sigma_1 = 10\%$, $\sigma_2 = 15\%$ и $\sigma_3 = 12\%$ и $\sigma_{12} = 140$, $\sigma_{23} = -175$, $\sigma_{13} = 115$. Примем $\alpha = 1$. Учитывая (2), и используя функции Given, Find, находим оптимальную структуру портфеля: (0.754, 0.059, 0.187). Причем $\bar{r}_p = 18.066\%$, а $\sigma = 10.321\%$. При $\alpha = 15$ (инвестор, больше избегающий риск), портфель формируется так: (0.823, 0.05, 0.126), доходность - 17.54%, СКО составляет 10.186%.

Таким образом, при $\alpha = 1$ и $\alpha = 15$ доходность портфеля уменьшается на 2.91%, а σ на 1.31%. Получаем, что даже для сравнительно небольшого снижения риска, инвестор согласен на сравнительно большее снижение доходности.

Модель 2, в которой минимизируется риск при заданном уровне доходности r_p^* [2]:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j S_{ij} \rightarrow \min_{x \in X}, \quad (3)$$

$$X = \{ x_i \geq 0, i = 1, \dots, N, \sum_{i=1}^N x_i = 1, \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i = r_p^* \}.$$

Необходимые и достаточные условия задачи (3) имеют вид

$$\sum_{j=1}^N x_j^0 s_{ij} - I_1 - I_2 r_i = 0, i = 1, \dots, N, \sum_{i=1}^N x_i^0 = 1, \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i = r_p^*. \quad (4)$$

Если некоторые $x_i = 0$, то система (4) становится меньшего порядка.

Пример 2. Рассмотрим те же три ценные бумаги, что и в примере 1. Используя условия (4) и функции Given, Find, для желаемой доходности $r_p^* = 18.066\%$, получаем структуру оптимального портфеля (0.766, 0.066, 0.167) и $\sigma = 10.168\%$. При $r_p^* = 22\%$ (равной доходности третьей ценной бумаги), структура примет вид (0.321, 0.193, 0.486), а σ равна 8.55% (меньше СКО третьей ценной бумаги). Значит, вкладывая средства в разные бумаги, мы снижаем риск при том же уровне доходности. Меньшее (на 1.4%) среднеквадратическое отклонение при доходности 18.066% по сравнению с решением задачи (1) при $\alpha = 1$ указывает на то, что решение задачи (3) предлагает в данном случае менее рискованный портфель.

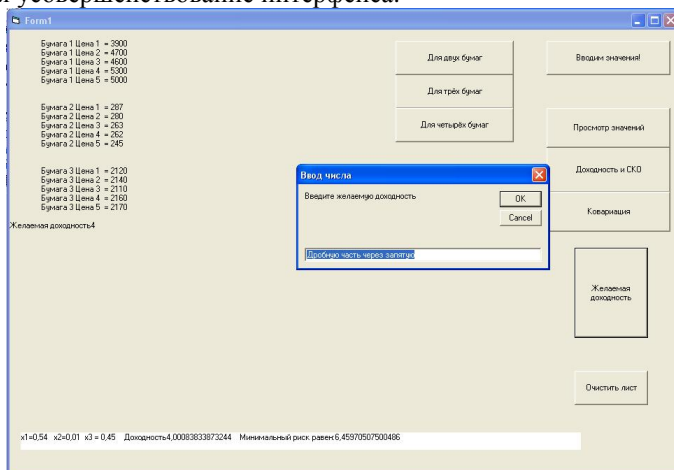
Отметим, что в задаче (3) не требуется введения весового коэффициента α , определяющего отношение инвестора к риску, и можно задавать желаемый доход, для которого формировать портфель с минимальным риском. Однако отношение к риску у инвесторов различное и это обстоятельство учитывает только задача (1), которая при этом является более подходящей для инвесторов с неопределенной для них желаемой доходностью.

Использование каждый раз в качестве программного обеспечения MathCad как и расчеты вручную не совсем удобно для широкого круга пользователей – участников фондового рынка. Предлагаю специализированное программное обеспечение с удобным интерфейсом. Которое по статистическим данным, задаваемым пользователем, рассчитывает структуру портфеля с помощью математической модели задаваемой ЛПР и дает возможность эффективно принимать решение руководителям разного уровня, что актуально на сегодняшнем рынке. Для этого от пользователя потребуется только ввода необходимой информации (например, статистических данных) и выбора предпочтительной модели.

В статье описывается программа, использующей математическую модель 2 минимизирующую риск при желаемой доходности, которая составлена для портфелей из двух, трех и четырех бумаг. Наибо-

лее эффективным считается наличие в портфеле не больше восьми разных активов (видов ценных бумаг). Дальнейшее увеличение их количества не обеспечивает значительного снижения портфельного риска [4]. Это обстоятельство отражено в программе. Дальнейшее увеличение количества видов ценных бумаг может вызвать эффект чрезмерной диверсификации, отрицательные следствия которого проявляются, например, в отсутствии качественного управления портфелем, высоких расходах на поиск ценных бумаг (расхода на предыдущий анализ и т.п.), покупки недостаточно качественных ценных бумаг (низкий уровень надежности, прибыльности и ликвидности ценных бумаг) и т.п.

Входными данными в разработанной программе являются цены бумаг в определенный период времени. Период вложения не ограничен. В программе проводятся вычисления ковариационной матрицы и вектора доходностей, задается желаемая доходность и выводится структура портфеля с минимальным риском. Используемый, на данный момент, интерфейс представлен на рисунке. В дальнейшем планируется усовершенствование интерфейса.



Существующие в настоящее время программные продукты [3], решающие подобные задачи, не дают полной информации об используемых математических моделях и статистических данных. Решение вопросов составления оптимальной структуры портфеля ценных бумаг вручную занимает неоправданно много времени, трудоемко и требует безошибочных вычислений, что с учетом человеческого фактора, маловероятно. Предлагаемый программный продукт позволит избежать подобных проблем.

Список литературы

1. **Золотова, Т.В.** Управление риском при выборе оптимального плана развития сложных производственных систем / Т. В. Золотова // Управление развитием крупномасштабных систем: Материалы Третьей международной конференции, Т. 1. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 296-299.
2. **Зверева, М. С.** О некоторых моделях управления портфелем ценных бумаг / М. С. Зверева // Научно-техническое творчество студентов и аспирантов. – 2010. – №1. – С. 72-73.
3. **Markowitz Н.М.** Portfolio selection // Journal of Finance. – 1952. – №7. – Р. 77-91.
4. <http://fin-result.ru/mezhdunarodnye-investicii14.html>

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА

И.С. Сеньковская¹, П.В. Сараев²

*Липецкий государственный технический университет,
г. Липецк, Россия, SenkovskayaIS@mail.ru¹, psaraev@yandex.ru²*

Задача кластеризации заключается в разбиении множества объектов, представленных своими векторами $x^i \in R^n$, $i = 1, \dots, p$, на группы, называемые кластерами. Объекты группируются таким образом, чтобы в пределах одного кластера они были более похожими друг на друга, чем на объекты других кластеров. В каждом кластере выделяют типичные представители w^i – ядра, $i = 1, \dots, k$, где k – количество кластеров [1]. Задача кластеризацией является важнейшей задачей, встречающейся при анализе данных.

Классические методы кластеризации (метод k -средних, метод ближайшего соседа) предполагают, что ядра кластеров являются известными и решают задачу притяжения к ним других векторов. Одним из методов аппроксимации данных являются самоорганизующиеся карты (СОК) Кохонена. Перед использованием СОК Кохонена необходимо обучить, т.е. настроить веса на основе обучающего множества без учителя. Классическим алгоритмом обучения является алгоритм «Победитель забирает все» [2, 3].

Алгоритм «Победитель забирает все»:

1. Выбор шага обучения $h > 0$ (0,1 – 0,7).

2. Инициализация весов сети случайными числами.
3. Настройка весов. Для каждого входного вектора:
 - 3.1. Расчет выходов нейронов слоя Кохонена. Выбирается нейрон-победитель r с наибольшим значением на выходе.
 - 3.2. Корректировка весов победившего нейрона.
 - 3.3. Нормировка вектора весов нейрона-победителя:

$$w_r := w_r + H(x - w_r)$$

$$w_r := \frac{w_r}{\|w_r\|}.$$

Ставится задача автоматической кластеризации векторов (ядра кластеров заранее не определены), т.е. задача автоматического определения оптимального количества кластеров. В данной работе предлагаются два алгоритма разбиения данных на кластеры.

Алгоритм автоматической кластеризации № 1:

1. Рассчитываются расстояния (точнее, квадраты расстояний) от каждого вектора до всех остальных (для упрощения вычислений его квадрат) с помощью евклидовой метрики:

$$d^2(x^i, x^j) = \|x^i - x^j\|^2 = \sum_{l=1}^n (x_l^i - x_l^j)^2,$$

где x_l^i - l -й элемент вектора x^i . Полученные значения заносятся в табл. 1.

2. Определяется максимальное расстояние по всей рассчитанной табл. 1:

$$\max_{i,j} d^2(x^i, x^j).$$

3. Определяется допустимое расстояние между векторами в одном кластере как фиксированный процент от найденного в пункте 2.

4. Производится объединение векторов в кластеры: если значение расстояния в одном столбце не превосходит расстояния полученного в пункте 3, то рассматриваемый вектор относится к тому же кластеру. Рассматриваемый вектор помечается соответствующим номером кластера.

5. Переходим к следующему вектор-столбцу:

5.1. Если вектор-столбец уже относится к кластеру – выполняем пункт 5.

5.2. Если вектор-столбец не является помеченным – выполняем пункты 4-5.

6. Для векторов, имеющих одинаковые метки, рассчитываются ядра кластеров как центры тяжести.

7. Расчет уточненных значений ядер кластеров с помощью алгоритма «Победитель забирает все».

Алгоритм автоматической кластеризации № 2:

1. Расчет расстояния от каждого вектора до всех остальных (для упрощения вычислений его квадрат) с помощью евклидовой метрики:

$$d^2(x^i, x^j) = \|x^i - x^j\|^2 = \sum_{l=1}^n (x_l^i - x_l^j)^2,$$

где x_l^i - l -й элемент вектора x^i . Полученные значения заносятся в табл. 1.

2. Определяется максимальное расстояние от каждой вершины до какой-то другой (по каждому столбцу табл. 1):

$$\max_{1 < i < p} d^2(x^i, x^j).$$

3. Производится нормировка расстояний:

$$d^2(x^i, x^j) = \frac{d^2(x^i, x^j)}{\max d^2(x^i, x^j)}.$$

4. Осуществляется сортировка расстояний для вектора по возрастанию (по каждому столбцу табл. 1).

5. Векторы объединяются в кластеры: если следующее значение расстояния в одном столбце не превосходит предыдущее в некоторое фиксированное количество раз, то рассматриваемые вектора относятся к одному кластеру. Рассматриваемые вектора помечаются соответствующим номером кластера.

6. Переходим к следующему вектор-столбцу:

6.1. Если вектор-столбец уже относится к кластеру – выполняем пункт 6.

6.2. Если вектор-столбец не является помеченным – выполняем пункты 5-6.

7. Для векторов, имеющих одинаковые метки, рассчитываются ядра кластеров как центры тяжести.

8. Расчет уточненных значений ядер кластеров с помощью алгоритма «Победитель забирает все».

Было разработано программное обеспечение, рассчитывающее уточненные значения ядер кластеров. На вход программы подаются первоначальные данные. Константа обучения принимается равной 0,6 и уменьшается до 0,1 с шагом 0,1. Данные параметры могут быть изменены пользователем.

Таблица 1

Результаты первого вычислительного эксперимента

Алгоритм	Количество векторов	Время работы (с)	Количество кластеров
Алгоритм №1	20	0,015	5
	50	0,032	5
	100	0,047	4
	500	1,047	4
Алгоритм №2	20	0,016	5
	50	0,047	4
	100	0,422	3
	500	351,656	3

Для тестирования были сгенерированы 4 множества объемом 20, 50, 100 и 500 векторов. Количество кластеров зависит от фиксированной числовой характеристики, при выполнении данных тестов для первого алгоритма это величина, определяемая в пункте 3; для второго алгоритма это величина, указанная в пункте 5. Числовые характеристики подобраны так, чтобы максимальное расстояние от центра до других векторов в кластере были приблизительно равным. Результаты вычислительного эксперимента приведены в табл. 1.

Существенного отличия в количестве получаемых кластеров нет, однако, необходимо учесть тот факт, что данные в тестовых выборках распределены равномерно, не наблюдается ярко выраженных кластеров. Время обработки данных вторым алгоритмом значительно дольше при больших объемах тестового множества, так как при этом увеличивается вычислительная сложность алгоритма.

Были также рассмотрены небольшие тестовые множества с ярко выраженными кластерами. Результаты вычислительного эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты второго вычислительного эксперимента

Алгоритм	Количество векторов	Визуальное количество кластеров	Время работы (с)	Полученное количество кластеров
Алгоритм №1	16	3	0,016	3
	15	4	0,01	3
Алгоритм №2	16	3	0,01	4
	15	4	0,01	4

Полученные результаты близки к визуальным предположениям, что говорит о хорошем подборе числовых характеристик для алгоритмов. При анализе и аппроксимации данных необходимо иметь представление, насколько должны быть близки объекты, которые объединяются в один кластер. Алгоритмы позволяют определить ядра кластеров с большой точностью и существенно сжать информацию для дальнейшей работы.

Список литературы

1. Сараев П.В. Нейросетевые методы искусственного интеллекта. Учеб. пособие. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 64 с.
2. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. Пер. с англ./ Агеева В.Н. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 655 с.
3. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии). – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРА АСУ ТП

Ю.И. Еременко, С.Ю. Халапян, Д.Ю. Ярмуратий

СТИ НИТУ МИСиС, Старый Оскол, Россия, jiorpg2007@yandex.ru

В настоящее время уровень автоматизации промышленных предприятий постоянно совершенствуется. Но ввиду сложности адекватного математического моделирования ряда многосвязных и многопараметрических объектов управления для оперативного управления технологическим процессом разработчики АСУ ТП вынуждены вводить в контур управления человека-оператора. При этом оператор, решая задачу глобального управления, руководствуется собственными интуитивными представлениями об объекте управления, о взаимосвязи технологических параметров.

В связи с этим показатели эффективности и безопасности технологического процесса не оптимальны. Зачастую это усугубляется недостаточным уровнем квалификации или внимательности оператора, состоянием его здоровья, высокой степенью ответственности за принимаемые решения.

Для преодоления вышеперечисленных проблем предлагается разработка поведенческой модели оператора [1], которая могла бы подсказывать ему приемлемые, адекватные в сложившейся ситуации

решения или вообще заменить его (вывести из контура управления).

За последние годы в промышленности находят все более широкое применение методы искусственного интеллекта (ИИ) [2], позволяющие повысить качественные показатели технологического процесса. Наиболее эффективным и быстроразвивающимся направлением ИИ, способным к экстраполяции и аппроксимации зависимостей, является аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС).

Особенности задачи оперативного управления технологическим процессом позволяют предположить, что ИНС, обученная на основе ретроспективной информации о состоянии объекта управления и соответствующих действиях оператора, сможет выдавать на выходе эффективные решения (управляющие сигналы) на основе анализа ситуаций, сложившихся на ОУ. Эти решения должны упростить работу оператора и повысить качество функционирования системы в целом.

Исследование возможности применения ИНС для создания поведенческой модели оператора сопряжено с необходимостью накопления ретроспективных данных с частотой дискретизации, достаточной для принятия решения оператором. В такой ситуации имеет смысл на первой стадии исследований провести серию экспериментов с объектом относительно простой структуры. В качестве такого объекта была выбрана лабораторная муфельная электронагревательная печь. Объект управления оборудован лабораторным автотрансформатором, позволяющим имитировать внешние возмущения путем изменения мощности нагревательного элемента.

Для управления лабораторным объектом оператор располагает двумя возможностями:

- непосредственное включение/выключение нагревательного элемента (дискретное управление);
- установка необходимой действующей интенсивности нагрева в процентах (аналоговое управление).

При дискретном управлении задачей оператора является стабилизация температуры печного пространства на заданном уровне с погрешностью не более 4% (рис. 1). На основе полученной ретроспективной информации сформированы выборки, необходимые для обучения и проверки адекватности нейросетевой модели.

В пакете MatLAB R2009b была смоделирована прямосвязная нейронная сеть, на входы которой подавались значение температур в момент принятия решения и за 2, 4, 6 ... 20 с до этого. На выходе формировалось дискретное значение (1 или 0), которое отражало выбранное состояние нагревательного элемента (включен или выключен). В результате обучения нейронной сети была получена поведен-

ческая модель оператора. Ее использование позволяет управлять лабораторной установкой (рис. 2) не хуже, чем это делал оператор.

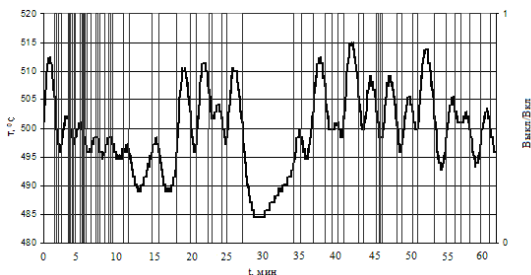


Рис. 1. Работа печи под управлением оператора, дискретное управление

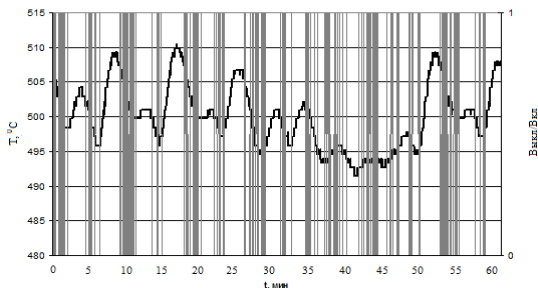


Рис. 2. Работа печи под управлением ИНС, дискретное управление

Суть метода аналогового управления состоит в использовании принципа широтно-импульсной модуляции. Оператор печи задает необходимую интенсивность U ее нагрева в процентах ($U \in [0, 100]$). Заданное значение интенсивности преобразуется контроллером в последовательность импульсов скважностью $1/U$.

Задача оператора при этом остается неизменной. Из графиков работы печи (рис. 3) видно, что благодаря его действиям температура, как и при дискретном управлении, стабилизируется на заданном уровне $500\text{ }^\circ\text{C}$ с погрешностью не более 4%.

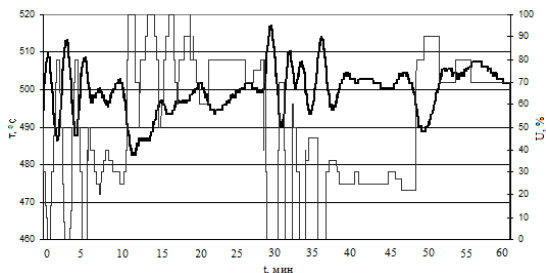


Рис. 3. Работа печи под управлением оператора, аналоговое управление

В пакете MatLAB смоделирована аналогичная по структуре ИНС (в данном случае выходной нейрон формирует сигнал управления из диапазона $[0, 100]$). После ее обучения был получен результат управления нагревательной печью, представленный на рис.4. Как видно из графика, погрешность стабилизации температуры и в этом случае не превышает 4%.

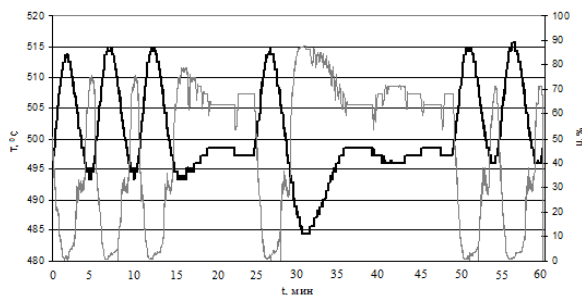


Рис. 4. Работа печи под управлением ИНС, аналоговое управление

В результате проведенных экспериментов было установлено, что поведение оператора, управляющего электронагревательной печью, может быть смоделировано путем обучения ИНС на ретроспективной информации. Полученная нейросетевая поведенческая модель может использоваться для управления объектом. Следует также отметить, что ИНС одинаково успешно осуществляет как аналоговое, так и дискретное управление, что расширяет область дальнейших исследований и возможности применения разрабатываемого метода моделирования.

Разработка нейросетевой поведенческой модели оператора позволит: повысить качественные показатели и безопасность технологического процесса, находящиеся в руках одного человека и зависящих от его знаний, опыта, состояния здоровья; увеличить эффективность принимаемых решений за счет снижения информационной нагрузки на оператора; решить проблему сохранения знаний опытных операторов.

Список литературы:

1. Еременко А.Ю., Халапян С.Ю. Об исследовании эффективности нейросетевой поведенческой модели оператора нагревательной печи // Образование, наука, производство и управление: Сб. науч. и науч.-метод. докл. науч.-практ. конф. с междунар. участием. - Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2010. - Т. 1. - С. 154 - 157.

2. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 520 с., ил.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ ВЫЯВЛЕНИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НАУЧНЫХ РАБОТ

К.В. Крюков

*Институт Проблем Управления им. В. А. Трапезникова РАН,
г. Москва, kryukovkirill@yandex.ru*

Задача автоматического выявления компетенций относится к области управления знаниями в организациях. Управление знаниями определяется как «идентификация умений, знаний, образа действий и возможностей, которые требуются или могут потребоваться для подбора персонала» [1]. Задачу подбора персонала можно условно разбить на три подзадачи [2]:

1) Моделирование компетенций: выявление, описание и соотнесение компетенций;

2) Выявление требований: определение, обладание какими компетенциями требуется для выполнения каких работ;

3) Диагностика: выявление профилей компетенций возможных экспертов в терминах модели компетенций.

Далее осуществляется подбор экспертов, который тоже может состоять из нескольких шагов [3]. В данной работе рассматривается третья подзадача из перечисленных, то есть модель компетенций уже

составлена, и в качестве такой модели предлагается использовать онтологию тем предметной области, в которой ищутся возможные эксперты.

В качестве материала, на основе которого строятся профили компетенций экспертов, были взяты научные работы. Таким образом, задачей является нахождение компетенций авторов научных работ, посвященных некоторой предметной области, на основе текста этих работ, при помощи онтологии этой области.

Существующие методы выявления компетенций на основе документов используют методы поисковых машин. Запрашиваемая компетенция выражается совокупностью терминов. Далее происходит расширение запроса – на основе онтологии [4] или тезауруса к исходным терминам запроса добавляются синонимы, гипонимы, гиперонимы и т.д. После этого все термины запроса ищутся в тексте документа(ов). На основе встречаемости терминов и их расположения и вычисляется компетенция. Например [5]:

$$score_cand(C, Q) = \sum_{d \in R(Q) \cap profile(C)} \frac{1}{rank_d}$$

C – кандидат; Q – запрос; d – документ; $R(Q)$ – набор документов; релевантных запросу Q ; $profile(C)$ – набор документов кандидата C ; $rank_d$ – ранг документа d ; $score_cand(C, Q)$ – оценка компетенции кандидата C относительно запроса Q .

В данной работе используется онтология тем предметной области, а не самой предметной области, как делается, например, в работе [4]. Это обосновывается несколькими факторами:

1) Сложность формулировки требований: обычно требуется знание какой-то темы, а не понятия. Например, под компетентностью в «онтологиях» подразумевают знание всей тематики онтологий – теоретических и практических разработок, средств создания онтологий и т.д., а не просто знания определения понятия «онтология»;

2) Реально близкие вещи – например, понятия какой-то темы и теоремы из этой темы, в онтологии предметной области будут относиться к разным ветвям онтологии, тогда как они говорят о знании одной темы;

3) В онтологии тем предметной области используются только отношения вида тема-подтема, что облегчает построение;

Наименования тем онтологии будем называть терминами онтологии. При выборе метода обработки документов были использованы следующие гипотезы:

1) Использование термина в документе говорит о том, что пользователь компетентен в теме, которой соответствует этот термин;

2) Чем больше пользователь использует термин, тем лучше он знает тему, которой соответствует этот термин;

3) Если пользователь компетентен в некоторой теме, то он компетентен и в близких темах;

4) Близость тем можно определить на основе онтологии предметной области с использованием семантической близости.

Мера семантической близости (СБ) – числовой коэффициент, означающий сходство двух объектов онтологии. Обзор мер семантической близости дан в [6]. Использование СБ помогает, когда на основе документов нельзя сказать, компетентен ли автор в некоторой теме, зато можно утверждать, что автор компетентен в семантически близкой теме. Рассмотрим пример: и логика высказываний, и логика предикатов принадлежат к более общей области «логика», поэтому можно предположить, что они семантически близки и знание одной из этих областей говорит нам о знании другой области.

Поскольку области, находящиеся близко к корню дерева являются достаточно широкими, значение семантической близости между ними должно быть совсем небольшим по сравнению с областями, находящимися далеко от корня. Поэтому была выбрана мера СБ, которая уже учитывалась в онтологии тем-подтем [7]:

$$S(i, j) = \frac{|P(i) \cap P(j)|}{|P(i) \cup P(j) \cup i \cup j|} \quad (1)$$

где i, j – темы в онтологии; $S(i, j)$ – семантическая близость i -той и j -той тем; $P(i), P(j)$ – все предки тем i и j соответственно.

Работа по определению компетенций проводится в два этапа: сначала происходит аннотирование документов терминами онтологии, затем происходит собственно определение компетенций.

Пусть O – множество всех терминов онтологии.

$K^A = \{K_1^A, \dots, K_{|O|}^A\}$ – научная компетентность автора A ,

K_i^A – компетенция автора A по i -той теме.

D^A – множество всех документов автора A .

Каждый документ $d \in D^A$ аннотируется терминами онтологии O , в результате чего получается $V^d = \{v_1^d, \dots, v_{|O|}^d\}$ – аннотация документа d , где v_i^d – встречаемость i -того термина (то есть сколько раз этот термин встречается в документе).

Пример аннотации документа, относящегося к теории графов: граф (2), ребро (5), вершина (66), петля (4), ориентированный граф (1). Для определения компетенций на основе аннотированных документов используется подход, аналогичный [4]:

$$K_i^A = \max_{j \in [1, |O|]} (S(i, j))^a \cdot \sum_{d=1}^{|D^A|} v_j^d$$

где i – тема, компетенция в которой ищется; j – тема из онтологии; a – коэффициент; $S(i, j)$ – функция семантической близости, вычисляемая по формуле (1).

Данный подход позволяет определять компетенции в тех темах, названия которых в статьях не встречаются, но которые автор документов должен знать в силу того, что они очень близки к известным ему темам. В вышеприведенном примере в документе отсутствует упоминание «теории графов», однако, за счет использования термина «вершина», тема «теория графов» получит ненулевое значение компетенции.

Данный подход был реализован программно и показал результаты, на наш взгляд, соотносящиеся с действительностью. Основным недостатком явилось смешение тем и понятий. Например, «теория графов» - это тема, и в ней можно измерять компетенцию, а «вершина» - это понятие, и о нем принято говорить только знают его или нет. В дальнейшем работа будет посвящена устранению этого недостатка.

Список литературы

1. Georgeta Bordea. Concept Extraction Applied to the Task of Expert Finding The Semantic Web: Research and Applications/ Springer, 2010, V.6089, p. 451–456..
2. Braun S., Schmidt A.. People Tagging & Ontology Maturing: Towards Collaborative Competence Management/ 8th International Conference on the Design of Cooperative Systems, France, 2008.
3. Ackerman M, McDonald D., Lutters W., Muramatsu J. Recommenders for Expertise Management/ Proc. of ACM SIGIR'99 Workshop on Recommender Systems: Algorithms and Evaluation. Berkeley: University of California, 1999.
4. Ranwez Sylvie et al. User Centered and Ontology Based Information Retrieval System for Life Science/ Available from Nature Precedings, 2010. <http://precedings.nature.com/documents/5408/version/1/files/npre20105408-1.pdf> (28/03/2011).
5. Macdonald C., Ounis, I. Voting for candidates: adapting data fusion techniques for an expert search task/ CIKM 2006: Proc. of the 15th ACM International Conference on Information and Knowledge Management. ACM, New York (2006), pp. 387–396.

6. Крюков К.В, Панкова Л.А., Пронина В.А., Суховеров В.С., Шипилина Л.Б. "МЕРЫ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ В ОНТОЛОГИИ"/ «Проблемы управления», 2010, т. 5, с. 2.

7. Stojanovic N. et al. SEAL – A framework for developing semantic portals/ Proc. of the 1st international ACM conferences on knowledge capture K-CAP'01, Canada, 2001.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ ИЕРАРХИИ

М.В. Губко, А.И. Даниленко

Учреждение Российской академии наук

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Москва, Российская федерация

mgoubko@mail.ru, alexander@danilenko.org

В докладе описываются новые алгоритмические и аналитические методы оптимизации иерархий. Эти методы пополняют инструментарий общей математической теории оптимизации иерархических структур, предлагающей общие формальные подходы к решению прикладных задач во многих предметных областях, от формирования организационно-штатных расписаний компаний в менеджменте до построения удобных пользовательских интерфейсов. Особенностью описываемых методов является учет индивидуальных характеристик узлов, из которых состоит оптимизируемая иерархия, будь то персональные данные менеджера в организации или семантическое качество пунктов иерархического командного меню компьютерной программы. Именно на примере оптимизации иерархического пользовательского меню будет иллюстрироваться применение этих методов.

С распространением графических интерфейсов иерархическое меню стало неотъемлемым атрибутом практически любой компьютерной системы. Даже сейчас постоянное уменьшение физических размеров устройств и усложнение их интерфейсов не позволяет полностью отказаться от командных меню. В [1] предложена математическая модель поиска оптимальной структуры меню, основанная на теории оптимизации иерархий [2]. В [3] описан инструмент автоматизированного построения оптимальных иерархических меню, реализованный на базе данной модели. Алгоритм использует заданные дизайнером таксономии (иерархические классификации) элементов меню (команд системы), что накладывает семантические ограничения на итоговую

структуру меню. При этом не учитывается *семантическое качество* полученных панелей меню. К примеру, несмотря на то, что категории с названиями «Прочее», «Другое» допустимы с точки зрения семантических ограничений, их использование может сильно ухудшить семантическое качество результирующего меню [4]. В [2], в числе прочего, описано применение той же общей математической модели к задаче поиска оптимальной организационной структуры управления. Эта модель также не учитывает персональных характеристик менеджеров – их способностей, запросов и присущих каждому человеку ограничений.

Учет индивидуальных характеристик узлов требует коренного пересмотра известных алгоритмов оптимизации иерархий. В докладе обсуждается новый алгоритм и его применение в инструменте оптимизации пользовательских меню.

Опишем общую постановку задачи. Иерархическое меню строится на основе множества элементов $N = \{1, \dots, n\}$ (например, команд или ссылок в Интернет-каталоге), к которым необходимо обеспечить доступ посредством меню. Через $\mu(w)$ обозначим популярность элемента $w \in N$ – вероятность того, что этот элемент потребуется пользователю. Для построения меню проектировщику необходимо решить, на какие категории следует разбить элементы, как далее следует разбить элементы каждой категории на подкатегории и так далее, как назвать категории и в каком виде представить их пользователю, чтобы меню было удобно для использования. Как правило, в качестве критерия удобства принимают среднее время доступа к искомому элементу меню (время одной пользовательской сессии).

Введем необходимые определения на основе [2]. *Группой* назовем любое подмножество $s \subseteq N$ элементов нижнего уровня. Для произвольного узла t любой иерархии H *группой этого узла* $s_H(t)$ назовем множество элементов нижнего уровня, непосредственно или опосредовано подчиненных этому узлу в иерархии H . Так, если при построении каталога сайтов в нем появляется узел с меткой «Спорт», то группой этого узла будет множество спортивных сайтов (к которым можно перейти, выбрав данную категорию). Каждому элементу нижнего уровня μ ставится в соответствие его *вес* $\mu(w)$. Для каждой группы $s \subseteq N$ можно определить ее вес как сумму весов входящих в нее элементов нижнего уровня: $m_s = \sum_{w \in s} \mu(w)$.

Рассмотрим произвольный узел иерархии t с весом m_t , которому подчинены узлы m_1, \dots, m_k с весами m_1, \dots, m_k . Тогда $m_1 + \dots + m_k = m_t$ и можно обозначить относительные веса подчиненных узлов за $y_i = m_i/m_t$.

В задаче оптимизации меню в роли веса выступает популярность пункта меню. В этом случае величины y_i определяют условную вероятность выбора пункта i при нахождении в панели меню m .

В большинстве практически важных случаев затраты узла иерархии описываются т.н. *однородной функцией* [2], где затраты узла зависят от мер непосредственно подчиненных ему узлов. При этом затраты узла линейно зависят от мер подчиненных узлов, а общие затраты $C(H)$ иерархии H складываются из затрат всех ее узлов:

$$C(H) = \sum_{s \in H} m_s c\left(m_{s_1}/m_s, \dots, m_{s_{k(s)}}/m_s\right),$$

где $c(y_1, \dots, y_k)$ – затраты узла иерархии с мерами подчиненных узлов y_1, \dots, y_k .

В [2] показано, что нижняя оценка затрат оптимальной иерархии с хорошей точностью описывается выражением

$$(1) C_L(N) = \left(m_N \ln m_N - \sum_{w \in N} m(w) \ln m(w) \right) \cdot \min_k \min_{y_1, \dots, y_k} \frac{c(y_1, \dots, y_k)}{-\sum_{i=1}^k y_i \ln y_i}.$$

Полученное аналитическое выражение позволяет предложить эффективные алгоритмы построения оптимальных иерархических структур для различных прикладных задач. Так, в [2] модель строится в применении к организационным структурам. В [1] на базе описанной модели строится модель оптимизации иерархических меню, а в [3] предлагается автоматизированный инструмент для построения новых и улучшения существующих меню.

В докладе описывается модель, учитывающая индивидуальные характеристики узлов иерархии. Каждому потенциальному узлу иерархии m сопоставляется вектор его индивидуальных характеристик $\omega(m)$. К примеру, для иерархических меню этот вектор может характеризовать длину и сложность восприятия заголовка категории. Естественно, эти характеристики влияют на затраты узла в иерархии: теперь затраты записываются в виде $c(y_1, \dots, y_k, \omega(m))$.

Часто затраты можно представить в виде суммы из A произведений $c_1(y_1, \dots, y_k)S_1(\omega(m)) + \dots + c_A(y_1, \dots, y_k)S_A(\omega(m))$, когда влияние персональных характеристик сепарабельно. Для этого случая, взяв минимум функций $S_j(\omega)$ по всевозможным ω , легко вычислить нижнюю оценку затрат узла, которая является однородной функцией. Подставляя в формулу (1) вместо затрат узла их нижнюю оценку, получаем нижнюю оценку затрат оптимальной иерархии с учетом персональных характеристик узлов. Точность этой оценки определяется шириной разброса параметров узлов.

На базе математической модели предлагается алгоритм построения иерархии, обобщающий описанный в [1] жадный алгоритм, в котором иерархия строится от корня вниз. В нем структура текущего узла выбирается из минимизации локального критерия, представляющего собой оценку затрат дерева, корнем которого является формируемый узел. Идея оценки состоит в том, что затраты дерева представляются в виде суммы затрат его корня и суммы затрат подчиненных корню поддеревьев. При этом в затратах корня точно учитываются индивидуальные характеристики узла, а затраты поддеревьев вычисляются с использованием усредненных характеристик. Варьируя вектор усредненных характеристик аналогично тому, как это делается, например, в жадном алгоритме EG2 построения дерева решений [5] (задачи интеллектуального анализа данных – это еще одно из возможных приложений данной теории), получаем набор «хороших» деревьев, из которых в качестве результата работы алгоритма выбирается наилучшее.

Разработанные алгоритмы применены в инструменте оптимизации иерархических меню TheMenuDesigner, доступном на сайте www.mtas.ru/person/goubko/themenudesigner/. Предлагаемая модель и усовершенствованный инструмент опробованы на примере голосового меню банковской системы и показывают положительный экономический эффект при улучшении структуры меню.

Список литературы

1. Губко М.В., Даниленко А.И. Математическая модель оптимизации структуры иерархического меню // Проблемы управления. № 4. 2010. С. 49–58.
2. Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. М.: ЛЕНАНД. 2006. 264 с.
3. Даниленко А.И. Система автоматизированного проектирования иерархических меню // Сборник трудов конференции «ИТиС – 2010». 2010. С. 200-205.
4. Dumais S.T., Landauer T.K. Using examples to describe categories // Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems CHI '83. New York, USA: ACM Press. 1983. P. 112-115.
5. Núñez, M. The use of background knowledge in decision tree induction. Machine Learning, 6, 1991. P. 231–250.

Секция
«УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
В МЕТАЛЛУРГИИ
И В ПРОИЗВОДСТВЕ
МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ»

ПОСТРОЕНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГООБЪЕКТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Э.М. Голубчик, В.Е. Телегин, А.В. Хохлов
*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, Россия, E-mail: golub66@mail.ru*

В условиях цивилизованных рыночных отношений достигаемый уровень качества выпускаемой продукции в области производства металлопроката обуславливает необходимость обеспечения на рынках сбыта баланса интересов потребителей и изготовителей. Этого можно достигнуть за счет использования конкурентных преимуществ в виде значительного накопленного опыта производства, внедрения новых технологических или технических решений, а также путем поддержания высокого качества продукции на основе строгого соблюдения технологии ее производства. При этом для обеспечения высокой конкурентоспособности, помимо развития инновационных технологий, предприятие должно быть способно к адаптации в изменяющихся условиях рынка. В наибольшей степени это актуально для изготовителей металлопродукции с глубокой степенью переработки, к которой можно отнести, например, холоднокатаную ленту, гнутый профиль, электросварные трубы и т.д. Для предприятия, как правило, данные виды продукции, являются эксклюзивными и требования к ней, либо жестко нормируются различными стандартами, либо указываются потребителями в качестве дополнительных требований и пожеланий. В условиях массового производства с большим объемом размерно-марочного сортамента продукции, единым технологическим циклом и непрерывной загрузкой основного технологического оборудования возникает необходимость оперативной корректировки, как самой схемы производства, так и отдельных ее элементов, включая и элементы оборудования, т.е. на первый план выступает проблема технологической адаптации. Причем, наиболее актуально это для «многообъектных технологических систем» (МОТС). Под МОТС в данном случае понимаются технологические схемы производства, представляющие собой либо многоуровневую (иерархическую) структуру, либо имеющие организованные по многопоточному или разделяющемуся принципам системы. Очевидно, что в таких системах для обеспечения требуемого уровня качества, конкурентоспособности и повышения результативности производства при изменении внешнего или внутреннего воздействия, МОТС должна оперативно реагировать. При этом должны быть минимизированы возможные затраты на адаптацию всей технологии (в т.ч. производственной схемы) к новым условиям, включая и возможные ожидания потребителя.

В научно-технической литературе представлен широкий спектр, как принципов формирования, так и реализации различных адаптационных механизмов, в которых обобщены известные современной науке закономерности, а также практический опыт их применения. Однако большинство исследований посвящено либо экономическим, либо социальным аспектам понятия адаптации. При этом недостаточно изучены и описаны механизмы технологической адаптации многообъектных систем, а также их влияние на уровень качества производимой продукции в условиях крупного металлургического предприятия.

Технологическую адаптацию в широком смысле можно определить, как процесс целенаправленного изменения структуры и параметров технологической системы для повышения эффективности ее функционирования [1].

Современная технология производства стальной ленты, например, в условиях ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» является характерным примером МОТС. При этом возможна многовариантность технологического процесса производства одного и того же вида ленты, причем, внутри одного варианта, в свою очередь, также возможна многоуровневость технологии. Это, в свою очередь, приводит к ситуации, когда от лица, принимающего решение (ЛПР) по способу организации технологического процесса, зачастую зависит успешность в достижении требуемой результативности. Для исключения (минимизации) возможных ошибок и выбора рациональной технологической схемы в МОТС необходима разработка модели технологической адаптации.

В терминах системного подхода и теории систем как сама МОТС, так и продукция, полученная с ее применением, имеет определенное назначение, которое может быть описано системой целей. Эта система целей проявляется через свойства, присущие данной системе. Свойством является всякий существенный признак объекта. Обобщенная оценка свойств приводит к понятию качества. Исходя из ГОСТ 15467-70 «Качество продукции. Термины», можно дать следующее определение: качество продукции - совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. То есть, реализовать систему целей. Тогда, любая МОТС может быть представлена как система (объект - для случая конкретного вида продукции) преобразований вещества, энергии и информации (или операндом [Od]). Так как операнд находится в системе преобразований, то его состояние определяется через вектор свойств. Таким образом, операнд имеет начальное состояние (начальные свойства) Od^0 , промежуточное состояние Od^i и конечное состояние Od^n . Для удовлетворения соответствующей потребности задается необходимое состояние операнда Od^n , которое является целью преобразований. Изменение $Od^0 \Rightarrow Od^n$ называется преобразованием, которое реализуется в процессе технологии. В результате преобразований опе-

ранд изменяет вектор свойств E_j^i . Так, в рассматриваемой в качестве примера МОТС «производство холоднокатаной стальной ленты» ее уровень качества определяется совокупностью показателей механических свойств, геометрических параметров, характеристик поверхности и структуры.

$$Od^n = \begin{pmatrix} A_j^i \\ B_j^i \\ C_j^i \\ D_j^i \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где A_j^i – вектор механических свойств, B_j^i – вектор геометрических параметров, C_j^i – вектор характеристик поверхности, D_j^i – вектор характеристик структуры.

Для разработки модели технологической адаптации, на примере рассматриваемой МОТС «изготовления стальной ленты» был проведен комплекс исследований по изменчивости механических свойств по ширине полосы в рулоне ленты в зависимости от изменения структуры технологического процесса. При преобразовании операнда начального состояния Od^0 в конечное состояние Od^n механические свойства характеризуются изменчивостью, определение характера которой, а также факторов влияния на данный характер, способствуют оптимизации процесса производства продукции заданного уровня качества. В общем виде изменчивость механических свойств можно выразить следующим образом:

$$X = X_1 + X_2 + X_3, \quad (2)$$

где X_1 – изменчивость свойств по ширине полосы в МОТС, X_2 – изменчивость свойств по длине полосы в МОТС, X_3 – естественная изменчивость.

Под «естественной» понимается изменчивость в результате влияния конкретных технологических операций (влияние данной операции). Данная характеристика способствует определению допустимых интервалов уровней механических свойств на каждом переделе технологической системы. Сравнение текущего диапазона механических свойств с заданным и последующие корректирующие действия преследуют цели конечного соответствия продукции требованиям потребителя. Корректировка функционирования всей системы – есть ответ на изменяющиеся условия внешней среды, которыми является несоответствие текущих и заданных параметров по определенной причине. Аналогичным «раздражителем» являются изменяющиеся требования потребителя. При этом появляется элемент адаптации, при котором деятельность технологической системы выражается следующим образом:

$$Od^0 = Od^n \times T \times K,$$

где T – традиционная технология, K – коэффициент адаптации.

Для обеспечения оперативной технологической адаптации необходимо установление границ допустимых диапазонов разброса свойств, а также выявление регрессионных зависимостей конкретных показателей механических свойств.

На примере рассматриваемой МОТС было определено поле изменчивости механических свойств холоднокатаной ленты из низкоуглеродистых марок стали, производимой в цехе углеродистой ленты ОАО «ММК». Данные исследования позволили разработать адаптационную модель изготовления ленты, а также определить наиболее рациональную технологическую схему для производства ленты под монетную заготовку для новых десятирублевых монет России, требования к которой отличаются очень узким диапазоном труднодостижимых как геометрических, так и механических свойств.

Список литературы

1. Э.М. Голубчик, Е.Б. Яковлева, В.Е. Телегин и др. Повышение результативности производства холоднокатаной упаковочной ленты из стали марки 30Г2 путем применения адаптационных механизмов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 62-66.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ МОДИФИЦИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ВЕЛИЧИНЕ ЕЁ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

В.Л. Стеблянко, А.П. Пономарев

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, Россия, antonpon@mail.ru*

Многообразие технологий широкомасштабного производства металлов с функциональными покрытиями и композиционных материалов включает в себя в качестве одной из основных операций, определяющих качество конечной продукции, операцию подготовки поверхности. Современная область техники обработки металлической поверхности характеризуется большим разнообразием способов и технологий очистки, которое может быть классифицировано следующим образом:

- механическая обработка;
- химическая модификация;
- физическая модификация;
- физико-химическая модификация.

Во многих способах очистки происходит избирательное удаление загрязнений, и поэтому их необходимо комбинировать с другими способами. В этом отношении существенное преимущество имеют способы, основанные на высокоэнергетическом воздействии на поверхность: обработка электроразрядной плазмой, лазерная обработка, процессы электронно-лучевой обработки и др. Такие способы очистки не зависят от природы загрязнений, являются экологически безопасными и обеспечивающими возможность автоматического управления технологическими режимами основных операций обработки, т.е. непосредственно управлять качеством получаемой продукции. Применительно к задаче обработки поверхности, такой как очистка поверхности, необходимо выбрать показатель, который интегрально позволял бы оценивать физико-химическое состояние поверхности, достигаемое в процессе обработки.

В качестве такого показателя предлагается использовать электрический потенциал поверхности. Выбор этого показателя неслучаен. Дело в том, что физико-химическое состояние поверхности характеризуется и может быть проанализировано посредством термодинамических параметров. Однако их прямое измерение представляет определённые трудности. Существует непосредственная связь этих параметров с электрическим потенциалом, который можно измерить и по величине которого с высокой степенью достоверности можно судить о физико-химическом состоянии поверхности.

В настоящее время в производственных условиях основными методами оценки состояния очищенной поверхности являются либо метод качественной оценки, либо количественной оценки удаленной массы загрязнений, не отражающие активированное состояние очищенной поверхности. Однако для решения поставленной задачи необходим объективный показатель, величина которого может служить мерой оценки такого состояния, а равномерность распределения его значений по площади - показателем качества очистки. Очевидно, наиболее подходящим показателем является величина свободной энергии поверхности материала, так как процесс образования связи определяется энергетикой контактных поверхностей. Энергия поверхности определяется характеристикой двойного электрического слоя, которая сильно зависит от наличия и природы адсорбированных частиц. Важность данного положения очевидна в связи с решением вопросов контроля подготовки поверхности металлических компонентов в технологических процессах производства композиционных материалов. Оценка энергетического состояния поверхности металла после его очистки возможна по измеренной величине электрического потенциала поверхности. Однако локальный характер всех известных способов измерения электрического потенциала поверхности позволяет оценить его величину толь-

ко непосредственно в пределах определенной базы измерений.

Электрический потенциал поверхности может служить критерием физико-химического состояния поверхности. На это указывает то, что он связан со многими фундаментальными физическими и химическими характеристиками, отражающими энергетическое состояние вещества и его строение.

В ряде исследований установлена связь работы выхода электрона (φ) с электроотрицательностью элемента. Известно соотношение между φ и изобарно-изотермическим потенциалом ΔZ^0 :

$$\varphi = 0,415\Delta Z^0.$$

Также установлена взаимосвязь φ с энергией активации самодиффузии E :

$$E = 18 \frac{j \cdot r^2 z}{R^2},$$

где r — радиус диффундирующего иона; z — число свободных электронов, приходящихся на атом; R — атомный радиус.

Вместе с тем, качество соединения металлов в слоистом композиционном материале определяется не только абсолютными значениями поверхностного потенциала, но и характером его распределения по всей площади взаимодействия. Чем равномернее распределен потенциал, тем следует ожидать более равномерного распределения прочности связи между материалами по всей площади взаимодействия. Знание закономерностей распределения потенциала имеет важное значение как для оптимизации режимных параметров конкретного способа очистки, так и для выбора оптимального способа на основе объективных показателей: средней и минимальной величин поверхностной энергии, дисперсии распределения значений поверхностного потенциала по площади очищенной поверхности.

Для измерения электрического потенциала поверхности существует ряд известных методов, среди которых есть методы, пригодные для решения вопросов автоматического управления процессом очистки на основе высокоэнергетических воздействий на поверхность в реальном масштабе времени, в частности, метод статического конденсатора.

Проведенные комплексные исследования в лаборатории композиционных материалов и покрытий ГОУ ВПО «МГТУ» по очистке стальных образцов от окалина на экспериментальной установке, позволили установить взаимосвязь качества обработки поверхности с величиной ее измеренного электрического потенциала.

При обработке поверхности образцов электроразрядной плазмой полностью была удалена окалина, ржавчина, жировые загрязнения и т.д. Образцы приобрели серебристо-белый оттенок. Распределение потенциала по поверхности относительно равномерно, величины потенциала находи-

лись в пределах от 300 до 380 мВ. Такое распределение потенциала даёт возможность судить о высоком качестве обработки поверхности. Величина электрического потенциала на образцах до обработки плазмой имела порядок значений от 40 до 80 мВ. Наблюдаемое существенное изменение потенциала поверхности в результате плазменной обработки связано как с высококачественным удалением с поверхности окалины, так и с модифицированием поверхностного слоя.

Таким образом, величина поверхностного потенциала свидетельствует о готовности данной поверхности к нанесению покрытий, к соединению металлов, находящихся в твердофазном состоянии, и др.

Конструктивное оформление измерителя электрического потенциала поверхности в виде прибора позволяет использовать его для автоматического управления процессом обработки поверхности. Контролируются особенности тех структурно-энергетических состояний, которые возникают в материале. Открывается путь к оценке многих показателей, характеризующих те новые свойства, которые металл приобретает в результате такой обработки.

Посредством измеренного потенциала мы можем контролировать коррозионную стойкость. При достижении потенциала, равного 300 мВ, коррозионная стойкость может возрасти в 10 раз. Следовательно, этот показатель дает возможность не только оценивать качество подготовки металла к последующим операциям, но и оценить принципиально новое свойство, приобретенное в ходе такой операции. Необходимо также указать, что измерение электрического потенциала позволяет сравнивать различные технологии обработки с точки зрения их влияния на активированное состояние поверхности и выбирать из них те, которые обеспечивают требуемый уровень качества.

Здесь целесообразно отметить принципиальную новизну постановки проблемы управления качеством, позволяющим ее определить как системный подход. Например, принципиально возможно оценить качество поверхности по остаточным загрязнениям на ней и по определенной шкале делать выводы о качестве очистки. Однако такой подход не отражает сущности и возможности самого метода обработки, так как он не раскрывает особенности того физико-химического состояния, которое достигается в результате обработки поверхности. Использование же электрического потенциала как меры оценки и учет взаимосвязи этого параметра с другими физическими величинами дает возможность системно оценивать качество обработки поверхности.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ

А.М. Песин, В.М. Салганик, Г.А. Бережная, Д.Н. Чикишев

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск,
Российская Федерация, galina_1609@mail.ru*

В.И. Шмаков

*Открытое акционерное общество «Магнитогорский металлургический
комбинат», г. Магнитогорск, Российская Федерация*

В.В. Жлудов

*Открытое акционерное общество «Зарубежнефть»,
г. Москва, Российская Федерация*

Наметившиеся процессы обострения конкурентной борьбы за сырьевые рынки и рынки сбыта металлопродукции требуют поиска новых «прорывных» методов как в технической и технологической сферах, так и в экономической – в частности, в области производственного планирования.

Широкую известность среди прочих получили следующие концепции: теория ограничений, сбалансированная система показателей, «бережливое» производство, 6 «сигм».

Результатами совместной работы в этой области, проводимой на протяжении 15 лет, специалистами ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» и ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» стали:

1. Классификация ограничивающих факторов по ряду критериев (по отношению к системе предприятия, по типу логистического потока, по функциональной принадлежности, по типу ресурса). Кроме того, сформирована матрица ограничивающих факторов, позволяющая дать комплексную оценку ограничений с учетом всех рассмотренных классификационных признаков.

2. Для выявления ограничений рассмотрены методы: экспертных оценок, анализа запасов и загрузки ресурсов, расчетный, аналитические. Дана характеристика области применения каждого метода с выделением его положительных и отрицательных сторон.

3. На базе методологии сбалансированной системы показателей и теории ограничений разработана модифицированная версия – сбалансированная система показателей, основанная на ограничениях.

4. В рамках разработанной системы показателей предложен расширенный процесс непрерывного улучшения, основными этапами которого являются: формулирование миссии компании; определение ключевых фак-

торов успеха в составляющих систему областях; постановка стратегических целей в соответствии с ключевыми факторами успеха и их формализация в виде ключевых показателей; выявление существующих ограничений в достижении целей в каждой из составляющих областей; выбор методов и разработка мероприятий по эффективному использованию потенциала ограничивающих факторов, определение целевых значений ключевых показателей; подчинение всей системы использованию потенциала ограничений в соответствии с выбранными методами и разработанными мероприятиями, достижение целевых значений показателей; разработка плана устранения ограничивающих факторов и, в случае его успешной реализации, переход к одному из первых трех этапов в зависимости от необходимости пересмотра миссии, ключевых факторов успеха или стратегических целей. В противном случае алгоритм повторяется с этапа № 4, т.е. с выявления новых ограничивающих факторов.

5. Модель ключевых финансово-экономических показателей предложенной системы интегрирует концепцию экономической добавленной стоимости EVA и систему показателей теории ограничений.

6. В качестве ключевого понятия эффективного использования ограничивающих факторов использован термин «приоритетность», характеризующий предпочтительность вариантов управленческого выбора с точки зрения достижения поставленной цели с учетом имеющихся ограничений.

7. Предложен один из методов эффективного использования ограничивающих факторов – модель оптимизационного планирования производственной программы.

8. Разработаны модели и алгоритмы решения глобальной задачи оптимизации объемного производственного планирования в условиях наличия нескольких «узких» мест.

9. Предложен подход к объемному производственному планированию, заключающийся в локализации процесса оптимизационного планирования на основе выявления и эффективного использования ограничений. При этом формируется оптимальный по критерию суммарного маржинального дохода локальный объемный план, охватывающий только часть всей совокупности номенклатурных позиций товарной продукции.

10. Предложена модель объемного производственного планирования, учитывающая пересекающиеся материальные потоки.

11. Разработаны и апробированы пакеты прикладных программ, реализующие предложенные алгоритмы оптимизационного объемного планирования производства – автоматизированные рабочие места для менеджеров по производству и сбыту [1].

Получение новых «прорывных» результатов возможно на основе синтеза рассмотренных выше концепций посредством интегрирования парадигм. Правильно подобранная смесь различных подходов может давать поистине взрывной эффект. В настоящее время уже есть предложения по такой интеграции [2-4]. Таким образом, данные подходы гармонично дополняют друг друга, формируя мощный интегрированный инструмент улучшения экономических показателей современной компании.

Список литературы

1. Senichev, G.S., Shmakov, V.I., Salganik, V.M., Pesin, A.M., 2006. “Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System”, *The Business Review*, Cambridge, Vol.5, pp. 344 – 350.
2. Джордж, Л. Майкл, 2006. Бережливое производство + шесть сигм: Комбинируя качество шести сигм со скоростью бережливого производства, Российская Федерация, Москва, Альпина Бизнес Букс.
3. Питеркин, С.В., Оладов, Н.А., Исаев, Д.В., 2002. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем, Российская Федерация, Москва, Альпина Паблишер.
4. Сеничев, Г.С., Песин, А.М., Жлудов, В.В., 2005. Концепция планирования, основанная на выявлении и эффективном использовании ограничивающих факторов, // *Экономика и менеджмент: проблемы и перспективы: Сб. трудов междунар. науч.-практич. конф. РФ, Санкт-Петербург*. С. 442 – 449.

УПРАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Г.Ш. Рубин, А.Г. Корчунов, А.В. Лысенин
*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия, E-mail: Pak6393@yandex.ru*

Рассматривая проблему совершенствования технологического процесса необходимо, прежде всего, определить критерии «улучшения». Этот критерий должен адекватно отражать цели совершенствования и иметь количественное выражение. Последнее свойство обеспечивает сравнимость различных процессов. Для разработки алгоритма оценки степени улучшения технологического процесса использован принцип исследования каче-

ства технологического процесса, основанный на выявлении функций процесса в целом и отдельных его операций в частности. Каждая функция направлена на достижение определённого результата. Поэтому оценку по степени выполнения функции, т.е. по степени достижения результата назовём *результативностью*. Выбор термина обусловлен его применением в аналогичном значении в теории менеджмента качества и в стандартах ИСО.

Главная функция технологического процесса - получение изделия с заданным набором свойств. Назовём эту функцию *глобальной*.

Каждое свойство измеряется некоторым количественным показателем качества. Обозначим эти показатели - P_1, P_2, \dots, P_m , где m – количество свойств изделия. Каждое свойство меняется в процессе технологической обработки и, соответственно, меняются показатели качества (ПК), принимая значения от P_i^b - у исходной заготовки до P_i^f - у готового изделия, где $i = 1, 2, \dots, m$. Обозначим общее количество операций через n , а значение i -го ПК после j -й операции - P_i^j . Тогда $P_i^n = P_i^f$. Степень выполнения глобальной функции для i -го показателя качества на j -й операции будем оценивать по традиционной для квалиметрии формуле:

$$G_i^j = \frac{P_i^j - P_i^{j-1}}{P_i^f - P_i^b}. \quad (1)$$

Величина G_i^j характеризует относительную оценку достижения конечного результата процесса за одну операцию по одному показателю качества. Положительное значение G_i^j означает, что операция приблизила значение ПК к требуемому уровню, а отрицательное, соответственно, означает ухудшение этого ПК. При этом соблюдается условие:

$$\sum_{j=1}^n G_i^j = 1, i = 1, \dots, m. \quad (2)$$

Общее выполнение глобальной функции на j -й операции характеризуется вектором:

$$G^j = (G_1^j, G_2^j, \dots, G_m^j). \quad (3)$$

Однако для управления процессом необходима целевая функция – скалярная величина, характеризующая степень достижения результата. Эта величина должна быть возрастающей функцией от всех компонент вектора G^j . Тогда в качестве характеристики глобальной результативности процесса примем сумму оценок операций:

$$G = \sum_{j=1}^n \|G^j\|. \quad (4)$$

Однако реальный технологический процесс является многооперационным. При этом определяющую роль играют ограничения технических характеристик оборудования и свойств материала на каждой операции. Эта цель определяет следующую функцию технологического процесса – обеспечение максимального использования возможности (потенциала) каждой операции. Назовём эту функцию *локальной*. Обозначим предельно достижимое значение i -го показателя качества в j -й операции технологического процесса через Lim_i^j . В зависимости от вида показателя качества это может максимально и минимально возможное значение. Тогда оценкой локальной результативности по одному ПК будет служить величина:

$$L_i^j = \frac{P_i^j}{Lim_i^j} \text{ или } L_i^j = \frac{Lim_i^j}{P_i^j}, \text{ соответственно.} \quad (5)$$

Далее получим оценку результативности отдельной операции:

$$L^j = \sum_{i=1}^m L_i^j \quad (6)$$

и процесса в целом:

$$L = \sum_{i=1}^n L^j. \quad (7)$$

Таким образом, получены две оценки процесса, характеризующие две его функции, каждая из которых формируется в два этапа (имеет два уровня) – оценка отдельной технологической операции и оценка технологического процесса в целом.

Комплексную оценку технологического процесса вычисляем как сумму локального и глобального показателей результативности с учётом масштабного коэффициента, обеспечивающего равный вклад двух показателей в комплексный:

$$C = G + \frac{L}{n}, \quad (8)$$

где n - количество операций.

Для выявления влияния отдельных операций на результативность всего многооперационного (многоуровневого) процесса используем алгоритм факторного анализа. Иерархию оценок будем представлять как дерево, растущее вниз. Таким образом, комплексная оценка представляет собой вершину этой иерархии. Уровни оценок будем нумеровать сверху вниз.

Тогда комплексная оценка – оценка 0-го уровня. Образующие её оценки (групповые или единичные) – оценки 1-го уровня и т.д. Пусть n – количество уровней. Оценки будем обозначать K_j^i , где верхний индекс i – является номером уровня оценки, а нижний индекс j – порядковый номер оценки среди оценок i -го уровня.

Пусть K_l^i – комплексная оценка (тогда $i = 0$) или l -тая групповая оценка i -го уровня, K_j^{i+p} – групповые или единичные (элементарные) оценки более низкого уровня, которые полностью определяют значение K_l^i при неизменных значениях остальных показателей:

$$K_l^i = f(K_1^{i+p}, K_2^{i+p}, \dots, K_{m_{i+1}}^{i+p}), \quad (9)$$

где m_{i+1} – количество оценок (показателей) на $i+1$ -м уровне и $i + p \leq n$.

Придадим некоторой оценке K_j^{i+p} значение 1. Тогда K_l^i изменится на величину $\nabla_{lj}^{i+p} \geq 0$ и примет значение $\tilde{K}_{lj}^i = K_l^i + \nabla_{lj}^{i+p}$. Проделаем это для всех значений $j = 1, 2, \dots, m_{i+1}$.

В результате получим вектор:

$$V_l^i = \nabla_{l_1}^{i+p}, \nabla_{l_2}^{i+p}, \dots, \nabla_{l_{m_{i+1}j}}^{i+p}. \quad (10)$$

Назовём вектор (10) *вектором потенциала роста оценки K_l^i* .

Компоненты ∇_{lj}^{i+p} вектора V_l^i показывают величину максимально-го возможного роста оценки за счёт оценки K_j^{i+p} . Проделав эту процедуру для каждой технологической операции, можно выбрать параметры, которые необходимо улучшать, чтобы получить максимальный рост комплексной оценки.

Для определения силы влияния K_j^{i+p} на K_l^i найдем d_{lj}^{i+p} , который будет являться *вектором скорости роста* или градиентом:

$$d_{lj}^{i+p} = \frac{\Delta_{lj}^{i+p}}{\Delta K_j^{i+p}}, \text{ где } \nabla K_j^{i+p} = 1 - K_j^{i+p}.$$

Таким образом, разработанный метод анализа комплексного показателя результативности многооперационного технологического процесса производства позволяет определять технологические резервы каждой опе-

рации в отдельности и процесса в целом для достижения заданного уровня потребительских свойств готовой продукции.

Работа проведена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологического производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 13.G25.31.0061).

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА КАК БОЛЬШАЯ СИСТЕМА

Д.С. Осипов

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, dmitry_osipov@mail.ru

На переднем крае теоретических разработок, имеющих большую практическую значимость, в настоящее время оказались направления, которые в наибольшей мере отражают изменившиеся условия функционирования организаций. Это вызвано и ориентацией на новейшие технологии, и проблемой рискованных инвестиций, и способами высокопродуктивного ведения хозяйства, и прогнозированием потребительского спроса и поведения конкурентов, и господством стратегического подхода в управлении. Среди основных направлений теоретических обобщений и разработок на сегодняшний день одним из наиболее перспективных является изучение механизмов управления и функционирования организаций с точки зрения понятия качества и ориентируясь на принципы всеобщего управления качеством и стандарты на системы менеджмента качества (СМК). Это связано с тем, что в текущей рыночной ситуации конкурируют не предприятия и их продукция, а конкурируют их системы менеджмента, причем чаще всего в цепочке «поставщик-организация». Ведь современная философия качества – это управление организацией на основе качества. В понятие качества здесь закладывается смысл в двух аспектах – «делать вещи правильно» и «делать правильные вещи».

Если рассматривать основные определения в отношении СМК такие как [1]:

1. Система - совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов.

2. Система менеджмента - система для установления политики и целей и достижения этих целей.

3. Система менеджмента качества - система менеджмента для того, чтобы направлять и управлять организацией применительно к качеству.

4. Качество - степень, в которой совокупность собственных (присущих) характеристик соответствует требованиям.

5. Требование - потребность или ожидание, которое установлено (официально сформулировано), обычно предполагается или является обязательным.

6. Характеристика качества

- собственная (присущая) характеристика продукции, процесса или системы, относящаяся к требованию.

Если рассмотреть определение «большая система» - комплекс большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов. Образуя особое единство, она обеспечивает выполнение сложных функций [2]. То можно увидеть практически однозначное соответствие СМК определению большой системы.

Большой системе присущи четыре характерных качества, которым полностью соответствует СМК:

Первое: любая большая система представляет собой сложнейший комплекс взаимосвязанных элементов. СМК состоит из множества элементов-подсистем и их взаимосвязей (*Такие подсистемы в рамках СМК можно выделить по функциональному признаку* (рис. 1).

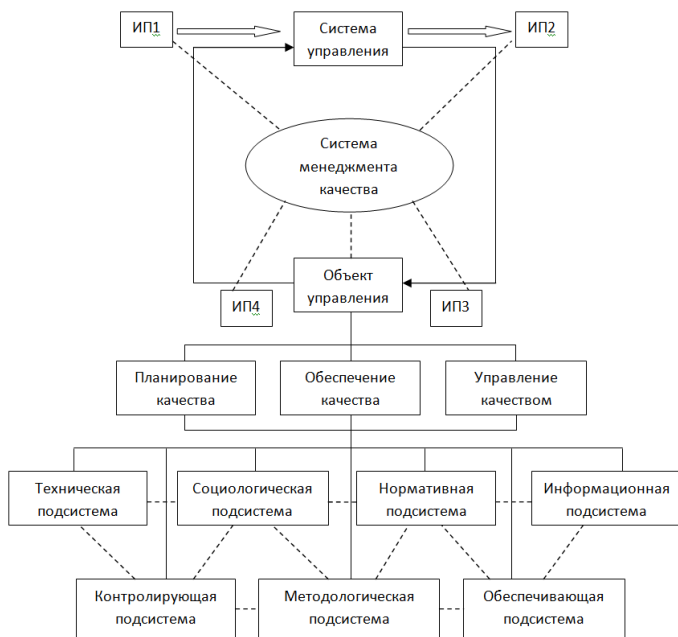


Рис. 1. Структура подсистем СМК, выделенных по функциональному признаку

Второе: любая большая система образует собой единство с внешней средой (*в рамках СМК происходит постоянный обмен информационный и материальный обмен с внешними организациями*).

Третье: любая большая система представляет собой элемент системы более высокого порядка. (*Система менеджмента качества может быть рассмотрена как часть общего менеджмента организации*).

Четвертое: элементы, составляющие большую систему, выступают как системы более низкого порядка (*все подсистемы СМК могут быть рассмотрены как системы, обладающие соответствующими признаками, но функционирующие и взаимодействующие как единое целое в рамках организации, которая рассматривается как системы более высокого порядка*).

В качестве объекта управления рассматривается качество во всем его многообразии в отношении продукции процессов и систем. Система менеджмента качества должна решать три основные функции: планирование качества, обеспечение качества и управление качеством. Причем, под обеспечением понимается и контроль уровня качества, а под управлением постановка целей и разработка подходов по улучшению качества.

Современные стандарты на системы менеджмента качества ИСО 9000 и прочие отраслевые стандарты предлагают готовые модели систем и требования к ним для осуществления наиболее рационального проектирования и внедрения систем менеджмента, но они не в полной мере позволяют решить организации, следующие основные задачи таких систем:

- обеспечение гармоничной работой этих систем;
- определение текущего этапа жизненного цикла СМК и необходимости эволюционного изменения системы в целом;
- отслеживание и оценка необходимых и достаточных взаимосвязей, а также формирование сложных зависимостей свойств входящих в нее элементов и подсистем (система может обладать свойствами, не присущими ее элементам, и может не иметь свойств своих элементов).
- различать или выделять в ней различные логические уровни или системные срезы.

Таким образом, как любая система управления СМК имеет собственный жизненный цикл функционирования и эволюции (рис. 2). Поэтому главной и сложной задачей представляется создание наиболее адекватной модели функционирования СМК, определение и разработка концепции и критериев оценки функционирования СМК для отслеживания этапов ее жизненного цикла и внутренней целостности ее элементов, чтобы обеспечить максимальную результативность и эффективность таких систем. Это позволит проводить необходимые изменения в подсистемах СМК своевременно и сохранить целостность системы как большой системы тем самым

не снижая положительный эффект и не увеличивая отрицательный от основных свойств большой системы: эмерджентности, синергичности и мультипликативности [2].

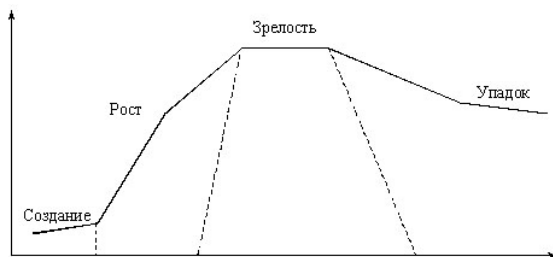


Рис. 2. Жизненный цикл систем менеджмента качества

Для изучения большой системы может быть построена специальная модель. Когда большую систему необходимо рассматривать как семиотическую – содержательную, для её анализа можно применять семиотические модели и ситуационное управление. Надо заметить, что такое вот моделирование и изучение моделей сильно связано с решением диагностических задач больших и сложных систем, т.к. именно от модели диагностируемой большой системы зависит эффективность диагностики.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000 – 2005 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».
2. Денисов А.А., Колесников Д.Н. // Теория больших систем управления: Учебное пособие для вузов. Л.: Энергоиздат, Ленингр, отделение, 1982. 288 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМАТУРНОГО ПРОКАТА КЛАССА ПРОЧНОСТИ А500С ГУП "ЛПЗ г. ЯРЦЕВО"

**И.В. Логинова, А.В. Наливайко, А.Б. Стеблов,
С.А. Левандовский, О.Н. Тулунов**
ГОУ ВПО «МГТУ», Магнитогорск, Россия, eegere@mail.ru

После затишья мирового финансового кризиса рынок металлопродукции позволяет вернуться многим промышленным предприятиям на свои

номинальные производственные мощности, благодаря коррекции спроса на металлопрокат.

Восстановление объемов строительства предполагает повышение спроса на арматурную сталь.

Для удовлетворения потребности в строительной арматуре Москвы и Центрального Федерального Округа был построен ГУП «ЛПЗ» в г. Ярцево (Смоленская обл.), ориентированный на производство термически упрочнённой арматурной стали класса прочности А500С номинальным диаметром 12-32 мм.

ГУП «ЛПЗ» является характерным примером современного отечественного металлургического мини-завода с точки зрения технологических и организационных резервов управления качеством продукции. Завод построен АКХ ВНИИМЕТМАШ, как Генеральным подрядчиком в консорциуме с членами Международного Союза «Металлургмаш». В 2007 году последовательно состоялся пуск электросталеплавильного цеха и прокатного стана 280. В 2008 году завод вышел на проектную мощность – 200 тыс. т проката в год. Перспективность завода и в том, что он ориентирован на переработку лома черных металлов, который заготавливается в Смоленской и прилегающей к ней областях.

Для целенаправленного поиска технологических и производственных резервов, обеспечивающих стабильные качественные показатели арматуры был исследован уровень механических свойств готового проката и выполнен статистический анализ данных сдаточных испытаний механических свойств и плавочного химического состава арматурной стали класса прочности А500С за 2009 год и первую половину 2010 года.

Одним из основных требований ОСТ 14-1-34-90 «Отраслевая система управления качеством в чёрной металлургии. Статистический контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами» является соответствие анализируемой базы данных нормальному закону распределения. Для всех столбцов генеральной совокупности данных (а именно - σ_T , σ_B , δ_5 , δ_n , σ_B/σ_T , С, Мп, Р, S, Cr, Ni, Cu, Мо, V, Сэж) была выполнена проверка на нормальный закон распределения по критерию χ^2 - Пирсона, и Колмогорова-Смирнова. Все исследуемые показатели качества имеют нормальный закон распределения.

Химический состав стали для производства строительной арматуры класса А500С по основным, определяющим механические свойства, химическим элементам соответствует стали СтЗсп по ГОСТ 380 и требованиям ГОСТ Р 52544. Средние значения в генеральной выборке не выходят за установленные границы, тогда как по отдельным элементам (С, Мп, Р, Cr, Ni, Cu) наблюдаются превышения по верхней границе требований ГОСТ 380, хотя требований ГОСТ Р 52544 они не превышают.

В процессе эксплуатации стана было установлено, что при прохождении заготовки возникает разница температур в начале и конце заготовки. Это объясняется разницей во времени нахождения переднего и заднего концов заготовки на подводящем рольганге. Прокатка на непрерывном стане раската с температурным клином при пониженной температуре задней его части увеличивает зазор между валками при прохождении металла с более низкой температурой, вызывает изменение продольных межклетьевых усилий в раскате, что приводит к снижению точности геометрических параметров готового проката по длине. Также изменение температуры конца прокатки приводит к появлению неоднородности механических свойств по длине раската.

Арматурный прокат класса прочности А500С поставляется по СТО АСЧМ 7-93, которому он полностью удовлетворяет по механическим свойствам и другим качественным характеристикам. Однако согласно статистическому анализу в выборке 2009 года присутствует большой разброс значений по механическим свойствам.

По результатам проведенного статистического анализа произвели корректировку технологии производства арматурного проката класса А500С. Была скорректирована технология нагрева металла перед прокаткой в нагревательной печи с целью стабилизации свойств стали по длине, уточнены параметры температурно-скоростного режима прокатки и режима термоупрочнения.

Оценка однородности по F - и t -критериям механических свойств и химического состава по отдельным выборкам для профилей (№ 12–20) не выявила статистически значимой разницы показателей качества в зависимости от диаметра арматуры. Выборки также однородны в различных периодах времени (сравнение производилось по кварталам 2009 года).

В 2010 году в ЛПЗ был освоен профиль № 25.

В процессе работы стана в январе 2010 года также были проведены исследования по изучению внутриплавочной неоднородности свойств проката. Для этой цели на арматуре № 25, кроме проб от середины заготовки, отбиралась проба на последнем раскате той же заготовки. Данные показали, что статистически значимой разницы между механическими свойствами от проб в середине и в конце заготовки не наблюдается. Проверка дисперсий по F критерию это подтверждает.

Независимо от диаметра и номера плавки арматурный прокат выдерживает испытания на изгиб с разгибом вокруг оправки 3d, 5d и 6d. Полностью выполняются требования испытаний по свариваемости шестью видами сварки для арматуры всех диаметров и плавков (исследования проводились на профилях № 16, 20 и 25).

Таким образом, определена возможность формирования сборной партии, состоящей из проката нескольких плавок, но одного диаметра, одной марки стали, одного класса прочности, и оформленной одним документом о качестве. Такая партия называется специальной.

Методом регрессионного анализа получены статистически значимые регрессионные уравнения для расчета механических свойств в зависимости от химического состава.

$$s_r = 495,462 + 196,356C + 116,622Si + 43,861Mn + 125,007Cr + 534,384((C/10) + S), \quad (1)$$

$$R = 0,37; \sigma_{\text{ош}} = 20.$$

$$s_g = 529,242 + 462,883C + 97,24Si + 36,051Mn + 101,241Cr + 424,395((C/10) + S), \quad (2)$$

$$R = 0,46; \sigma_{\text{ош}} = 18,08.$$

$$d_\zeta = 27,034 - 0,3764d - 42,1764P - 5,6243C - 11,2550S \quad (3)$$

$$R = 0,51; \sigma_{\text{ош}} = 1,33.$$

$$d_n = 2,9554 - 12,2775Cr - 50,5597Mo + 3,7028Mn + 9,8391C + 0,0434d \quad (4)$$

$$R = 0,49; \sigma_{\text{ош}} = 1,32.$$

Уравнения линейного вида (1) – (4) имеют относительно невысокие коэффициенты множественной корреляции, с точки зрения их статистической оценки. Однако они удовлетворяют требованиям ОСТ 14-1-34-90 «Отраслевая система управления качеством в чёрной металлургии. Статистический контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами». Проверка уравнений на статистическую значимость по F и t критериям также подтверждает достоверность статистической связи между механическими свойствами и химическим составом стали.

Для более точного прогноза механических свойств следует продолжить статистические исследования на более значительном объеме информации и добиться значений $R \geq 0,85$ по каждому показателю качества. В частности, расчётные коэффициенты эластичности, оценивающие степень влияния факторов уравнения регрессии на расчётный показатель качества показывают, что в данных уравнениях регрессии суммарное влияние выбранных факторов составляет не более 42-47 %.

Для повышения значимости уравнений регрессии необходимо рассмотреть возможность введения новых статистически значимых параметров технологии. Формирование механических свойств проката осуществляется посредством выбора марки стали (содержание химических элементов), деформационно-скоростных режимов прокатки и режимов термоупрочнения. В связи с этим планируется рассмотреть возможность получения регрессионных уравнений предела текучести и временного сопротивления в зависимости от содержания химических элементов, скорости и температур прокатки.

В настоящее время исследуется выборка значений показателей качества за вторую половину 2010 года и ожидается информация для анализа по первому кварталу 2011 года.

Список литературы

1. Стеблов А.Б., Тулупов О.Н., Наливайко А.В. Анализ уровня технологии производства арматуры класса А500С на ГУП ЛПЗ г. Ярцево // *Металлург*. 2010. № 8. - С. 68-73.

2. Стеблов А.Б., Тулупов О.Н., Наливайко А.В. Исследование уровня механических свойств арматуры класса А500С с целью оценки влияния особенностей технологии на показатели качества // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2010. № 2. – С. 69-73.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СОРТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

А.С. Лимарев

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск, aslimarev@mail.ru

В настоящее время перед компаниями-производителями стали, как в России, так и за рубежом, стоит вопрос повышения конкурентоспособности продукции на рынках черных металлов. При этом одним из главных показателей конкурентоспособности является качество производимой продукции. С целью его повышения на металлургических предприятиях внедряются новейшие технологии и оборудование.

Комплексный подход к качеству в соответствии с рекомендациями международных стандартов ИСО серии 9000 предполагает совершенствование технологии и способов производства продукции. Одним из путей эффективного управления технологическими процессами является исполь-

зование информационных технологий, базирующихся на современных математических моделях. Эффективность использования современного высокотехнологического оборудования и математических моделей во многом зависит от квалификации персонала. Непрерывное развитие производства, технологических процессов и методов управления качеством продукции обуславливает необходимость постоянного повышения квалификации технологического персонала, что является неотъемлемым элементом системы менеджмента качества предприятия. Подготовка кадров должна быть направлена на формирование компетенций для успешного выполнения работ, влияющих на качество продукции. Это позволяет эффективно управлять производством, а также открывает широкие возможности по анализу и совершенствованию технологических схем.

Качество сортопрокатной продукции зависит от большого количества технологических параметров, знание и оценка которых необходимы для совершенствования процесса производства. Для анализа данных следует использовать адекватные модели процессов, требующих специальных навыков по работе с ними. Моделирование технологических процессов прокатки является одной из важнейших задач, позволяющих получать множество расчётных параметров [1], на основе которых можно совершенствовать производство металлопродукции по следующим пунктам:

- применение полученной информации при формировании и совершенствовании АСУ;
- корректировка существующих технологических режимов прокатки;
- разработка и внедрение новых технологических режимов прокатки;
- расширение марочного сортамента и внедрение в производство новых профилирумеров;
- управление качеством производимой продукции посредством применения сквозных расчётов нормируемых показателей качества (геометрии профиля, механических свойств металлов);
- решение существующих проблем, связанных с калибровкой валков и настройкой прокатных клетей.

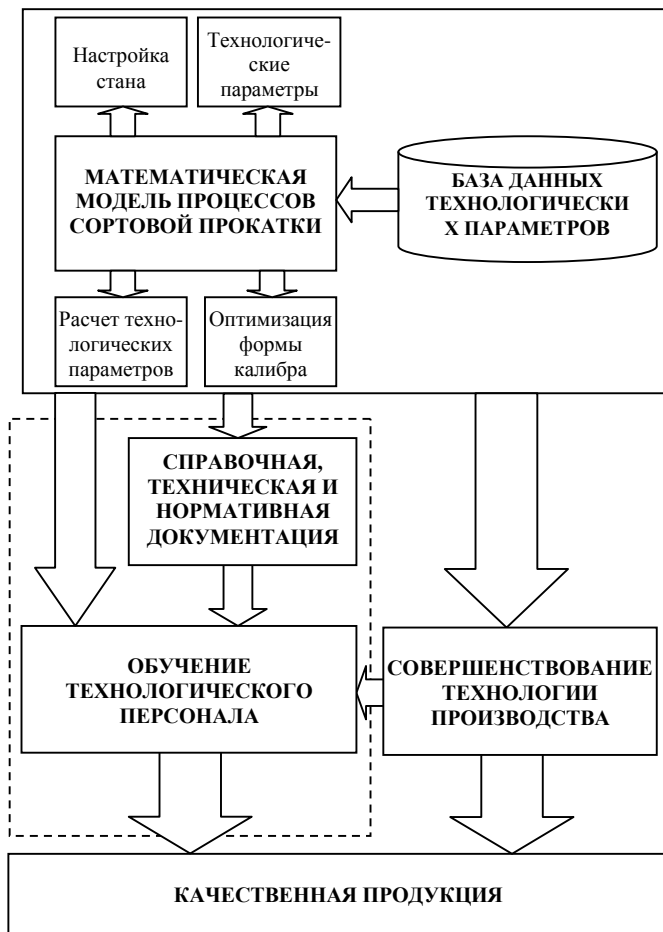
При описании процесса сортового производства необходимо адекватно отразить процесс прокатки в калибрах. Существуют различные модели процессов сортовой прокатки, в основе которых лежит метод конечных элементов, позволяющие достоверно описать процесс течения металла при обработке металлов давлением (ОМД). Такие модели требуют продолжительного времени решения и значительных объемов оперативной памяти

[2], что затрудняет их использование на производстве. Развитие новых методов моделирования процессов ОМД показало, что для целого класса технологических задач высока эффективность более простых матричных методов моделирования. Структурно-матричные модели позволяют решать следующие задачи:

- расчет калибровки валков и параметров деформации при сортовой прокатке;
- анализ и совершенствование действующих технологических схем сортовой прокатки;
- оценка энергозатрат при сортовой прокатке;
- управление формоизменением металла и настройкой сортовых станов в режиме реального времени;
- оптимизация формы калибров, исходя из требуемого течения металла;
- прогноз возможности появления дефектов при формоизменении металла.

В течение работы стана происходит постоянное необратимое изменение технического состояния основного оборудования. Применение структурно-матричной модели позволяет отражать изменения состояния технологического процесса сортовой прокатки в реальном времени, взаимодействуя с базой данных технологических параметров. При реализации такого подхода появляется возможность комплексно осуществлять управление процессом прокатки, что обеспечивает требуемое качество сортопрокатной продукции и повышение эффективности производства. Также структурно-матричные модели позволяют подробно в системном виде отразить систему взаимосвязи документов и исходных данных при формировании полноценной нормативной базы по управлению качеством для производства сортового проката [3]. При этом следует учитывать, что эффективность использования разработанных управленческих решений во многом определяется качеством исполнения. На основании этого сформирована модель управления качеством сортопрокатной продукции, основанная на структурно-матричной математической модели (см. рисунок).

Повышение качества металлопродукции определяется необходимостью создания новых машин и конструкций, работающих в условиях больших нагрузок, высоких скоростей, резких колебаний параметров внешней среды, и требованиями к надежности и долговечности изделий. Показатели качества продукции определяются не столько служебными свойствами того или иного вида продукции, сколько технологией изготовления готовых изделий.



Модель управления качеством сортопрокатной продукции

Наиболее общими и основными являются [4]:

- минимальные отклонения по химическому составу заданной марки стали;
- минимальное содержание вредных примесей, неметаллических включений и газов;

- минимальный разброс механических свойств по длине прутков, от партии к партии;
- точность геометрии профиля — минимальное отклонение от номинальных размеров;
- отсутствие поверхностных дефектов;
- плотность макроструктуры, устраняющей наличие внутренних дефектов.

Такое построение модели позволяет охарактеризовать процесс производства сортового проката как единую систему, обеспечивающую высокое качество продукции. Это особенно важно в условиях систем качества сертифицированных по международным стандартам ISO серии 9000, согласно которым производство должно характеризоваться комплексным подходом.

Список литературы

1. Концепция построения современных моделей прокатки на сортовых станах / А.Б. Моллер, О.Н. Тулупов, А.С. Лимарев, Д.В. Назаров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 64-67.
2. Жадан В.Т., Берковский В.С., Брюхов А.Н. Математическая модель процесса формоизменения при прокатке сортовых профилей // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. 1978. № 11. С. 25-27.
3. Управление качеством сортового проката путем использования рациональных предупреждающих действий при настройке станов / А.Б. Моллер, О.Н. Тулупов, А.С. Лимарев и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4. С. 73-80.
4. Бочков Н.Г. Производства качественного металла на современных сортовых станах. М.: Металлургия. 1988. 312 с.

ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЁМОЧНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТОЛСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТА ДЛЯ ОАО «ГАЗПРОМ» И ОПЫТ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

К.Е. Черкасов, М.И. Румянцев

ГОУ ВПО им. Г.И.Носова, г. Магнитогорск, Россия, keks_2004@inbox.ru

Необходимость внедрения и применения статистических методов контроля качества продукции возникла, в связи с требованием стандартов

СТО Газпром серии 9000, один из которых [1] предусматривает применение в организациях, поставляющих продукцию для нужд нефте-газового комплекса, статистических методов управления качеством. Как и в международных технических условиях для автомобилестроения [2], целью применения статистических методов в системе менеджмента качества организации-поставщика является необходимость объективного и достоверного подтверждения возможности производства продукции и достижения ее требуемых характеристик. При этом актуален вопрос выбора наиболее эффективных методов.

Одними из основных методов статистического контроля является применения уравнений регрессии зависимости свойств проката от таких факторов как химический состав металла и параметры процесса его обработки (скорость прокатки, температура и т. д.). Однако, традиционные независимые переменные применяемые для построения уравнений, далеко не всегда способны обеспечить статистическую надёжность данных уравнений остается достаточно большая вероятность ошибки как приемки негодной продукции, так и отбраковки продукции надлежащего качества. Чтобы предотвратить указанные события, необходимо повысить достоверность результатов контроля, что может быть достигнуто за счет увеличения точности и достоверности применяемых уравнений регрессии [3].

Улучшение уравнений по точности и достоверности можно сделать за счет включения в них факторов, степень влияния которых на отклики выше, чем тех, которые традиционно применяются в статистических зависимостях. В связи с этим был произведен поиск такого комплекса факторов (независимых переменных) в уравнениях для статистического приёмочного контроля, который способствовал бы повышению точности прогноза свойств [4]. В частности температурные условия процесса характеризовали отклонением температуры конца прокатки от температуры начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения:

$$\Delta_3 = t_{\text{кн}} - Ar_3, \quad (1)$$

и отклонением температуры начала ускоренного охлаждения от температуры конца $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения:

$$D_1 = t_{\text{нво}} - Ar_1. \quad (2)$$

Модернизированные уравнения и уравнения, построенные относительно традиционных независимых переменных, были оценены по количеству совпадений с данными прямых разрушающих испытаний. Результаты оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты сравнения точности расчетных оценок качества проката толщиной 9,0-16,8 мм из стали класса прочности К60 с оценками, полученными разрушающим методом

Свойства	Количество совпадений, %	
	Традиционные уравнения	Модернизированные уравнения
$S_T, \text{Н/мм}^2$	97	99,8
$S_B, \text{Н/мм}^2$	46	98,9
$d_5, \%$	23	99,95
$KCU^{-60}, \text{Дж/см}^2$	99,9	99,93
$KCV^{-20}, \text{Дж/см}^2$	99,91	99,95

Из табл. 1 можно сделать вывод, что предлагаемые уравнения, в целом, обеспечивают заметно больше число совпадений с результатами прямых испытаний. Таким образом, применение уравнений, построенных с использованием модернизированного комплекса факторов, действительно повышает достоверность статистического приёмочного контроля механических свойств толстолистового проката. Тем самым создаются предпосылки для уменьшения вероятности ошибок выводов относительно годности не только оцениваемой партии продукции, но и каждого листа в отдельности, а также для значительного повышения оперативности выполнения заказов за счет исключения потерь времени на проведение прямых испытаний.

Другим методом статистического приёмочного контроля могут быть искусственные нейронные сети. Известно, что нейронные сети применимы практически в любой ситуации, когда имеется связь между входными и прогнозируемыми переменными, даже если эта связь имеет сложную природу и её трудно отобразить методами нелинейного регрессионного анализа [5]. Как показывает известный опыт, например, [6], точность прогноза свойств проката с использованием нейронной сети действительно выше, чем получаемая по множественной линейной аппроксимации при традиционном наборе независимых переменных.

Провели сравнение точности прогноза свойств проката с использованием нейронных сетей различного типа при использовании в качестве независимых переменных как традиционных, так и усовершенствованных

характеристик факторов технологического процесса. Из сравнения различных сетей был выбран тип нейронной сети на основе множественного персептрона с использованием алгоритма Левенберга-Маркара. Результаты сравнения для вариантов такой сети, отличающихся набором независимых переменных, приведены в табл. 2. Нейронная сеть, построенная с использованием модернизированного набора независимых переменных, обеспечивает более высокие показатели точности прогноза.

Таблица 2

Результаты сравнения нейронных сетей для проката толщиной 9,0-16,8 мм из стали класса прочности К60 с оценками, полученными разрушающим методом

Свойства	Традиционные факторы		Модернизированные характеристики	
	Корреляция	Ошибка обучения	Корреляция	Ошибка обучения
S_T , Н/мм ²	0,62	0,165	0,8	0,103
S_B , Н/мм ²	0,68	0,128	0,84	0,09
d_5 , %	0,7	0,130	0,8	0,09
KCU^{-60} , Дж/см ²	0,87	0,112	0,93	0,08
KCV^{-20} , Дж/см ²	0,46	0,226	0,92	0,09

Таким образом, и для уравнений регрессии, и для нейронных сетей замена традиционных показателей, характеризующих условия получения проката, такими факторами, степень влияния которых на отклики выше, действительно обеспечивает заметное повышение точности прогноза свойств проката. При наличии программного обеспечения, позволяющего строить, обучать и применять нейронную сеть на основе множественного персептрона с применением алгоритма Левенберга-Маркара, для совершенствования статистического приемочного контроля следует рекомендовать применение такой сети на основе модернизированного комплекса характеристик процесса. В случае отсутствия технических возможностей применения нейронной сети, статистический приемочный контроль рекомендуется производить с использованием уравнений регрессии, построенных с использованием комплекса характеристик процесса.

Список литературы

1. СТО ГАЗПРОМ 9000-2006 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: ОАО «ГАЗПРОМ», 2006, 17 с.
2. ГОСТ Р 51814.1-2004 (ИСО/ТУ 16949:2002) Системы качества в автомобилестроении. Системы качества для предприятий–поставщиков автомобильной промышленности. Общие требования. – М: Издательство стандартов, 2004. – 35 с
3. Румянцев М.И., Ручинская Н.А. Статистические методы для обработки и анализа числовой информации, контроля и управления качеством продукции: Учебное пособие. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 207 с.
4. Повышение точности статистического контроля качества толстолистового проката по корреляционной связи между параметрами / Румянцев М.И., Черкасов К.Е., Попкова А.А. ГОУ ВПО «МГТУ». – Магнитогорск, 2010. – 11 с.: Библиогр. 6 назв. –Рус. – Деп. в ВИНТИ 30.09.2010, № 563-В2010.
5. Нейронные сети. Методология и технологии современного анализа данных / Под ред. В.П. Боровикова. – 2-е изд., перераб. в доп. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2008. – 392 с.
6. Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. и др. Нейросетевое моделирование механических свойств проката из низколегированных сталей // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Межрегион. сб. науч. трудов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007, с. 109-114

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.Н. Степанова, И.Г. Шубин, М.И. Румянцев

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет
имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск,
Российская Федерация, shubin64@mail.ru*

Соответствие системы менеджмента качества (СМК) предприятия международным стандартам серии ИСО 9000 – неременное условие подтверждения его надежности как поставщика металлопродукции стабильного качества [1]. К такой металлопродукции заключительного металлургического передела относятся изделия метизного производства.

На ОАО «Магнитогорском метизно-калибровочном заводе» (ММК-МЕТИЗ) – одном из крупнейших российских производителей метизной продукции, внедрена СМК в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО 9001 и ИСО/ТУ 16949.

Согласно ISO 9001:2008 необходимо постоянно повышать результативность СМК в организациях [2]. Для определения результативности СМК необходима методика оценки, позволяющая проводить регулярную и систематическую оценку ее пригодности, адекватности, эффективности и результативности, выявлять положительные и отрицательные изменения и своевременно принимать меры для улучшения СМК.

Существенным отличием предлагаемой методики оценки результативности СМК от действующей на ОАО «ММК-МЕТИЗ» является формула расчета результативности СМК, формула расчета и оценка результативности процессов СМК, а также применение комплексных показателей качества метизных изделий.

Результативность СМК ($P_{СМК}$, %) (табл. 1) определяется по формуле:

$$P_{СМК} = \frac{СД_{целей} + СВПл + СР_{прСМК} + ВА + О_y}{5}, \quad (1)$$

где $СД_{целей}$ - средняя степень достижения целей в области качества (ЦК), %; $СВПл$ - степень выполнения плана мероприятий по достижению ЦК, %; $СР_{прСМК}$ - средняя результативность процессов СМК, %; $ВА$ - оценка результатов внутренних аудитов, %; $О_y$ - оценка степени удовлетворенности потребителей качеством сервиса, %.

Таблица 1

Оценка результативности СМК

Результативность СМК, %	Оценка
от 91 до 100 включительно	отлично
от 76 до 90 включительно	хорошо
от 66 до 75 включительно	удовлетворительно
от 51 до 65 включительно	неудовлетворительно
до 50 включительно	плохо

Рассмотрим алгоритм определения показателей результативности СМК, представленных в формуле (1), отличающийся от действующей методики.

Средняя результативность процессов СМК находится по формуле:

$$CP_{npСМК} = \frac{CP_{np} + CP_{э} + CP_{соот}}{3}, \quad (2)$$

где CP_{np} – средняя результативность процессов СМК по критериям результативности, %; $CP_{э}$ – средняя экономическая результативность процессов СМК, %; $CP_{соот}$ – соответствие продукции и услуг установленным к ним требованиям в зависимости от количества претензий и рекламаций, %.

Средняя результативность процесса СМК по критериям результативности находится по формуле:

$$CP_{np} = \sum_{i=1}^k P_i \times 100, \quad (3)$$

где P_i – результативность процесса СМК по i -му критерию результативности (по приведенной ниже формуле или паспорту процесса) при числе критериев k , *плановое значение которых не может быть равно 0*:

$$P_i = \frac{K_{\phi i}}{K_{ni}}, \quad (4)$$

где $K_{\phi i}$, K_{ni} – фактическое и плановое значение критерия результативности.

К таким критериям результативности относятся: производительность, выход годного, комплексный показатель качества метизных изделий; количество работников обученных и повысивших квалификацию, процент выполнения графиков обходов и ППР оборудования и т.д.

Комплексный показатель качества метизных изделий содержит информацию о совокупности характеристик метизных изделий, их изменениях с учетом количества брака и степени удовлетворенности потребителей качеством продукции, что позволяет определить показатели качества, на которые необходимо обратить особое внимание и принять меры по их улучшению.

Оценка результативности процесса СМК (отлично – 100 %, хорошо – 80 %, удовлетворительно – 60 %, неудовлетворительно – 40 %, плохо – 20 %) по критерию результативности, *плановое значение которого равно нулю*, проводится по *фактическому значению* критерия и зависит от попадания этого значения в определенный диапазон, указанный в паспорте процесса.

К таким показателям результативности относятся: количество несоответствующей продукции, количество выданных талонов предупреждений и предписаний по технологии, техники безопасности и экологической без-

опасности, время простоя оборудования, количество претензий и рекламаций и т.д.

Оценка результатов внутренних аудитов ВА в формуле (1) зависит от количества выявленных несоответствий и выполненных корректирующих действий (КД) определяется по табл. 2 и отражается на результативности СМК (табл. 1).

Таблица 2

Оценка функционирования СМК по результатам внутреннего аудита

Количество несоответствий	Степень выполнения корректирующих действий, %					
	100	80-99	60-79	40-59	20-39	<20
0	100	-	-	-	-	-
1-3	90	85	80	75	70	55
4-6	80	75	70	65	60	45
7-9	70	65	60	55	50	35
>10	60	55	50	45	40	25

Оценка степени удовлетворенности потребителей качеством сервиса O_y определяется как среднее значение оценок по всем критериям, полученных из анкет потребителей.

Заключение

Совершенствование методики оценки результативности СМК является актуальным для метизного производства. Это позволит проводить регулярную и систематическую оценку пригодности, адекватности, эффективности и результативности СМК, выявлять положительные и отрицательные изменения и своевременно принимать меры для улучшения СМК. Оценка результативности СМК, отражающая изменение качества продукции, используя комплексный показатель качества, послужит руководству предприятия основой для определения потенциала, возможностей и перспектив дальнейшего повышения качества метизной продукции.

Список литературы

1. Осипов Д.С., Гун И.Г., Касаткина Е.Г. и др. Системы менеджмента качества. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 226 с.

2. Качалов В.А. Что такое «постоянное повышение результативности СМК»? // Методы менеджмента качества. 2007. № 1. С. 28.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ ЗА СЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА*

С.А. Федосеев, М.Б. Гитман, В.Ю. Столбов

*ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет»,
г.Пермь, Россия, fsa@gelicon.biz*

Введение. Согласно стандарту ISO 9000:2000 *качество* – это степень соответствия реально существующих у продукта характеристик тем требованиям или ожиданиям потребителей, которые заявлены, обычно предполагаются или являются обязательными [1].

Современное понимание качества определяется степенью соответствия продукции пяти основным *требованиям потребителей: ноль дефектов, точно в заданный срок, минимальная стоимость, максимальная полезность, максимальная безопасность.*

Включение в понятие качества продукции сроков поставки потребителю и минимальной стоимости для потребителя обуславливают необходимость добавления к основным процессам, влияющих на качество продукции, процесса планирования производства.

1. Процессная модель управления качеством продукции. На рисунке представлена схема процесса планирования производства с учетом требований потребителей.

При планировании производства на стратегическом и тактическом уровнях осуществляется переход от долгосрочного плана производства к главному календарному плану производства (ГКПП) и, в конечном итоге, к операционному планированию с учетом всех ограничений на производственные мощности и ресурсы предприятия, а также требований рынка сбыта продукции и основных внешних заказчиков. В настоящее время большинство крупных предприятий стремится перейти к работе «под заказ», что значительно снижает риски предприятия. В этом случае реализуется в большей степени правая часть схемы (см. рисунок). При этом резко возрастает роль планирования производства, которая и позволяет учесть основные требования и пожелания заказчиков на качество продукции, включая ее стоимость и сроки изготовления.

В работе рассматривается модель планирования производства на базе имеющихся заказов на определенный срок. Реализация данной модели сводится к решению четырех связанных задач – задачи формирования оптимального портфеля заказов, нахождения оптимального объемного плана производства, составления ГКПП и операционного плана производства.

*Работа выполняется в рамках реализации Постановления Правительства № 218



Схема процесса планирования производства с учетом требований потребителей

Первоначально рассмотрим задачи формирования оптимального портфеля заказов и нахождению оптимального объемного плана производства.

2. Модель формирования производственных заказов с учетом важности потребителей. Пусть на предприятии имеется некоторое множество заказов, которое необходимо выполнить за определенный срок. Разо-

бьем все заказы на отгрузочные партии. Необходимо сформировать оптимальный набор заказов, элементами которого являются отгрузочные партии, позволяющие получить наибольшую прибыль и при этом удовлетворить требованиям наибольшего числа «важных» заказчиков.

Поставленная задача является двухкритериальной, многопараметрической задачей нелинейного программирования. Результатом решения данной задачи будет Парето-множество. Одним из эффективных методов ее решения является метод стохастического поиска, так как данный метод является наиболее эффективным при решении задач в булевых переменных с большим числом ограничений [2]. Пример решения поставленной выше задачи приведен в статье [3].

Следует отметить, что предложенный подход к формированию портфеля заказов позволяет сформировать объемный план производства с учетом требований потребителя. Однако, при формировании ГКПП и операционного плана необходимо сохранить учет потребностей заказчиков к качеству продукции, включая сроки и стоимость продукции.

Рассмотрим один из возможных подходов к решению данной задачи.

3. Модель календарного планирования с учетом требований потребителей. Суть ГКПП состоит в определении номенклатуры и объема продукции, которую необходимо произвести в течение планового периода, а также сроки их изготовления. Формирование ГКПП является важным этапом планирования производства. Его несложно сформировать на основании найденного оптимального портфеля заказов.

На основании ГКПП на крупных предприятиях строится операционный план производства (ОПП) путем дальнейшего разузлования номенклатурных единиц с помощью спецификаций продукции, которые считаются заданными. При выборе оптимального ОПП необходимо учесть важность заказов. Для этого введем вектор \overline{m} , характеризующий количество планируемой продукции i -й номенклатуры с учетом «важности» каждого заказчика. При этом может быть использована информация, полученная при формировании оптимального портфеля заказов.

Построим нечеткое множество $M = \bigcup_{i=1}^m \mu_i^* / m_i$, где μ_i^* - важность i -й

продукции. Для всех определенных α -уровневых подмножеств нечеткого множества M можно определить ГКПП, в который включается только продукция, важность которой не менее заданного уровня α .

Математическая постановка задачи может быть записана в следующей виде: считая заданным совокупность ГКПП, характеризуемое не-

четким множеством $M = \bigcup_{i=1}^m \mu_i^* / m_i$, требуется определить оптимальный

операционный план производства P^* , элементы которого p_{ld} определяют количество операций l -го вида, запланированных на день с номером d , $l \in \overline{1, W}$, $d \in \overline{1, T}$, где T – количество дней в плановом периоде, W – общее количество видов операций, при котором достигается минимум риска срыва плана производства для выполнения в срок наиболее важных заказов и минимум допустимой степени важности номенклатур продукции α^* для выполнения заказов наибольшего количества потребителей, т.е.

$$J_4 = \sum_{d=1}^T \sum_{d^*=1}^{d-d^* > 0} \frac{1}{d^*} \chi_d \sum_{l=1}^W \frac{p_{ld-d^*} t_l}{q_{el} t_{el}^*} \rightarrow \min, \text{ где } \chi_d = \begin{cases} 1, \sum_{i=1}^N g_{id} \neq 0 \\ 0, \sum_{i=1}^N g_{id} = 0 \end{cases}, (1)$$

t – опережение плана производства; t_l – трудоемкость операции l -го вида; t_k^* – максимальная загрузка всех рабочих центров k -го типа одинакова и равна; q_k – количество рабочих центров k -го типа; g_{id} – количество компонентов, относящихся к готовым изделиям, с номерами $i \in \overline{1, N}$, которые необходимо произвести до дня с номером $d \in \overline{1, T}$; N – общее количество изделий;

$$\alpha^* \rightarrow \min \quad (2)$$

и выполняются ограничения на:

1) важность номенклатуры продукции

$$\mu_i^* \geq \alpha^*, i \in \overline{1, N}; \quad (3)$$

2) комфортность производства

$$J_1 = \sum_{l=1}^W \sum_{d=1}^T \beta_{ld} \leq J_1^*, \text{ где } \beta_{ld} = \begin{cases} 1, p_{ld} \neq 0 \\ 0, p_{ld} = 0 \end{cases}; \quad (4)$$

3) равномерность производства

$$J_2 = \sum_{d=1}^{T-1} \sum_{k=1}^E |z_{kd} - z_{kd+1}| \leq J_2^*, \quad \text{где } z_{kd} = \frac{\sum_{l=1}^W p_{ld} t_l \beta_{lk}}{t_k q_k},$$

$$\beta_{lk} = \begin{cases} 1, & e_l = k \\ 0, & e_l \neq k \end{cases}; \quad (5)$$

где E – общее количество типов рабочих центров;

4) срок завершения выполнения ОПП

$$J_3 = \max_{d \in \overline{1, T}} \omega(d) \leq J_3^*, \quad \text{где } \omega(d) = \begin{cases} d, & \sum_{l=1}^W \sum_{u=d}^T p_{lu} \neq 0 \\ 0, & \sum_{l=1}^W \sum_{u=d}^T p_{lu} = 0 \end{cases}; \quad (6)$$

5) остаток компонентов $i \in \overline{1, C}$ в день $d \in \overline{1, T}$, где C – суммарное количество уникальных компонентов во всех спецификациях (7);

6) суммарное количество операций одного вида в календарном плане (8);

7) максимальную загрузку рабочих центров (9);

8) остаток номенклатурных единиц (10).

Отметим, что для реального производства максимально допустимые значения критериев комфортности J_1^* , равномерности J_2^* и срока изготовления ОПП J_3^* должны быть установлены ЛПР.

Поставленная задача (1)-(10) с дополнительными ограничениями на материальные запасы и мощность оборудования является двухкритериальной многопараметрической задачей дискретной оптимизации, для решения которой обычно используются различные эвристические алгоритмы. Следует отметить, что особенностью представленной выше постановки является наличие в ограничении (3) неизвестной величины α^* . Одним из возможных методов решения такой задачи может быть сведение двухкритериальной задачи оптимизации к последовательности однокритериальных задач при различных значениях α^* , постепенно уменьшающихся от 1 до 0 с заданным дискретным шагом. Частные примеры решения данной задачи оптимизации приведены в работах [4, 5].

Заключение. Проблема управления качеством продукции является сложной и многогранной. Современное понимание качества продукции определяется степенью соответствия продукции основным требованиям

потребителей, что обуславливает необходимость в процесс управления ввести планирование производства с учетом требований основных заказчиков. Это, в свою очередь, требует разработки новых механизмов и инструментов управления производством, влияющих на качество продукции.

В данной статье рассматривается один из возможных подходов к управлению качеством продукции на этапе планирования производства за счет более точного учета интересов потребителей. Предложены модели формирования оптимального портфеля заказов с учетом их важности и составления ГКПП и операционного плана производства, снижающих риски нарушения сроков поставки продукции.

Список литературы

1. *Ланидус В.А.* Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях. – М.: ОАО «Типография «Новости», 2000. — 432 с.
2. *Gelfand S.B., Mitter S.K.* Simulated annealing with noisy or imprecise energy measurements // *Journal of Optimization Theory and Applications*, 1989. – р. 49-62.
3. *Жирнов В.И., Федосеев С.А., Агарков А.И.* Модель управления заказами в рамках единой информационной системы предприятия // *Проблемы управления*. – 2007. – № 6. – С.57-63
4. *Федосеев С.А., Вожаков А.В., Гитман М.Б.* Модель календарного планирования производства с нечеткими целями и ограничениями // *Системы управления и информационные технологии*. – 2009. - №3. - С-. 21-24.
5. *Вожаков А. В., Гитман М. Б., Федосеев С. А.* Комплексное оценивание при выборе оптимального плана производства на тактическом уровне с учетом нечетких критериев и ограничений / *Управление большими системами*. Выпуск 30. М.: ИПУ РАН, 2010. – С.164-179.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОЦИНКОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИИ НА АГРЕГАТАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Е.Г. Бузунов, И.Ю. Мезин

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, tssa@magtu.ru

Ввод в эксплуатацию на металлургических предприятиях современных линий горячего цинкования поставил вопрос о необходимости адаптации существующих технологических режимов к новым условиям произ-

водства с целью повышения уровня качества выпускаемой продукции, соответствующего настоящим требованиям потребителей. Осуществлять выбор рациональных режимов нанесения цинкового покрытия в промышленных условиях весьма проблематично и экономически не всегда оправдано, в связи с чем при установлении технологических режимов цинкования и выборе стальной заготовки целесообразным является разработка методики прогнозирования качества получаемых покрытий при различных условиях производства.

На основе анализа требований к стальной заготовке и покрытию была сформирована дерево свойств оцинкованной проволоки (рис. 1) и определен основной объективный показатель качества данного вида продукции – масса покрытия.

Обработка статистических данных для агрегата горячего цинкования «ICE» ОАО «ММК-МЕТИЗ» в период пуско-наладочных работ позволила построить x-R контрольные карты процесса горячего цинкования стальной проволоки. В результате анализа полученных контрольных карт было установлено, что среднее значение массы покрытия выходит за пределы верхней и нижней границ регулирования. Это означает, что действующий процесс является нестабильным и необходимо принять меры для установления причины и внесения соответствующих корректировок в параметры процесса. На рис. 2 представлен пример контрольной карты для процесса нанесения покрытия на стальную проволоку диаметром 2,0 мм при скорости работы агрегата 60 м/мин.

Поскольку данные значения массы покрытия, представленные на контрольных картах, были получены при постоянных режимах работы агрегата горячего цинкования, анализ контрольных карт позволяет сделать вывод о том, что на изменение массы цинкового покрытия оказывает влияние химический состав заготовки. Широкий интервал значений содержания основных химических элементов в стали приводит к большому разбросу и превышению регламентированных пределов массы покрытия. Таким образом, необходимо установить какие из основных химических элементов, содержащихся в стали оказывают наибольшее влияние на массу покрытия, а также определить рациональные пределы их содержания.

С применением множественного регрессионного анализа найдена аппроксимация зависимости массы цинкового покрытия от химического состава стальной заготовки и скорости движения проволоки в агрегате. Указанное уравнение имеет вид:

$$m = 188,96 - 233C_c - 227,54C_{Si} - 0,9V, \quad (1)$$

где m – масса покрытия, $г/м^2$; C_c – содержание углерода, %; C_{Si} – содержание кремния, %; V – скорость движения проволоки в агрегате.

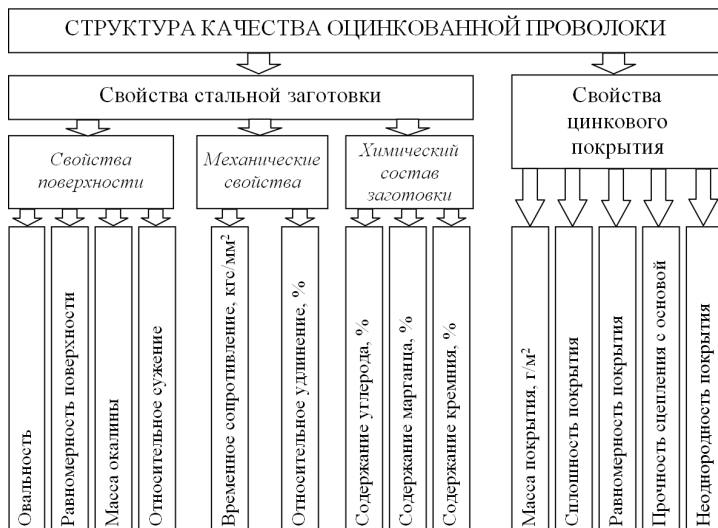


Рис. 1. Дерево свойств оцинкованной проволоки



Рис. 2. Контрольная карта процесса нанесения покрытия на проволоку диаметром 2,0 мм

Поскольку наибольшим отрицательным коэффициентом регрессии является $b(C_c) = -233$, то увеличение содержания углерода в стали приводит к самому значительному снижению массы цинкового покрытия. Вторым по степени влияния на массу покрытия является процент содержания кремния в заготовке $b(C_{Si}) = -227,54$. Поэтому необходимо определить рациональные пределы содержания этих элементов в стальной проволоке. Решение поставленной задачи выполнено с использованием парного регрессионного анализа.

Зависимость массы цинкового покрытия от содержания углерода имеет вид:

$$m = -744,86C_c + 161,94 . \quad (2)$$

Аналогичная зависимость массы цинкового покрытия от содержания кремния в стальной заготовке будет выглядеть следующим образом:

$$m = -154,38C_{Si} + 121,25 . \quad (3)$$

Найденные уравнения позволяют установить, что для получения качественного цинкового покрытия массой 90-100 г/м² необходимо снизить содержание основных химических элементов в стальной проволоке. Верхний предел содержания углерода должен быть снижен с 0,12 % до 0,08 %, а верхний предел содержания кремния – с 0,30 % до 0,20 %. Оценка уравнений парной регрессии показала, что они являются адекватными аппроксимациями исследуемых зависимостей и могут быть использованы в прогностическом анализе.

Таким образом, для нанесения покрытия рекомендуется использовать стальную проволоку с меньшим содержанием углерода и кремния. С учетом этих рекомендаций, специалистами ОАО «ММК-МЕТИЗ» для агрегата ICE была выбрана проволока из стали марки Ст1сп(М). Сравнение химических составов проволок указанных марок представлено в табл. 1.

Для определения структуры железцинковых фаз в зависимости от времени погружения стальной проволоки в расплав разработана комплексная математическая модель и построены графические зависимости, описывающие процесс диффузии цинка. Модель основана на теории конструктивных фракталов.

Химический состав сталей

Марка стали	ГОСТ, ТС	Содержание элементов, %				
		C	Mn	Si	P	S
Ст1сп	ГОСТ 380-2005	0,06-0,12	0,25-0,50	0,15-0,30	Не более 0,04	Не более 0,05
Ст1сп(М)	ТС 14-101-580-2007	Не более 0,08	0,35-0,65	0,15-0,20	Не более 0,04	Не более 0,035

В итоге в рамках выполненных исследований разработана комплексная методика расчета и прогнозирования свойств цинкового покрытия на основе статистических моделей, теории конструктивных фракталов, а также теории нестационарной теплопроводности. Алгоритма реализации разработанной методики прогнозирования и управления качеством для последующего ее применения в автоматизированных системах проектирования технологических процессов производства оцинкованной проволоки приведена на рис. 3.

На основе предложенной методики была разработана схема управления качеством оцинкованной проволоки (рис. 4). В данной схеме к исходным технологическим факторам (факторам состояния) относятся все свойства заготовки, которые практически не поддаются регулированию в процессе подготовки и нанесения покрытия. Среди них выделен химический состав и начальные механические свойства [1]. К технологическим факторам процесса цинкования стальной проволоки относятся факторы процессов подготовки поверхности и режимы нанесения покрытия. При помощи управления факторами через их совокупный анализ и последующее воздействие можно оказывать влияние на показатели качества оцинкованной проволоки и тем самым управлять качеством выпускаемой продукции.

Таким образом, реализация разработанных мероприятий позволяет организовать технологический процесс, обеспечивающий требуемый уровень потребительских свойств оцинкованной проволоки. В результате возрастает качество готовой продукции, снижается вероятность появления дефектов, связанных с недостаточным сцеплением покрытия с основой и достигается требуемая толщина покрытия. Решение существующих про-

блем в конечном счете благоприятно отражается на затратах, связанных с появлением бракованной продукции и повысит доверие потребителей.

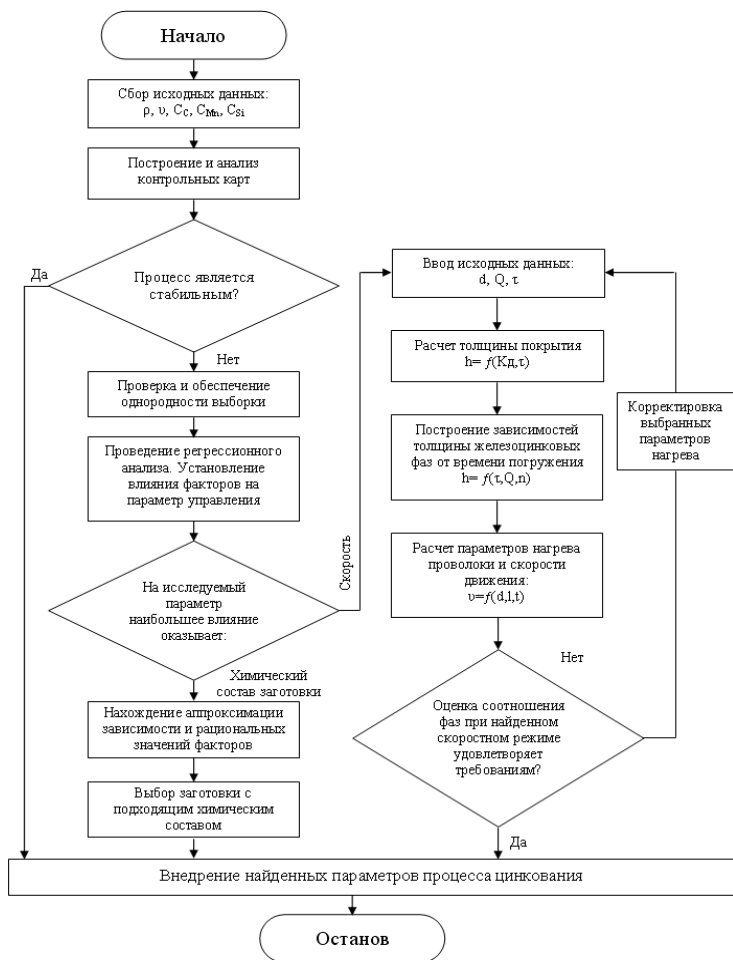


Рис. 3. Алгоритм методики прогнозирования качества покрытия

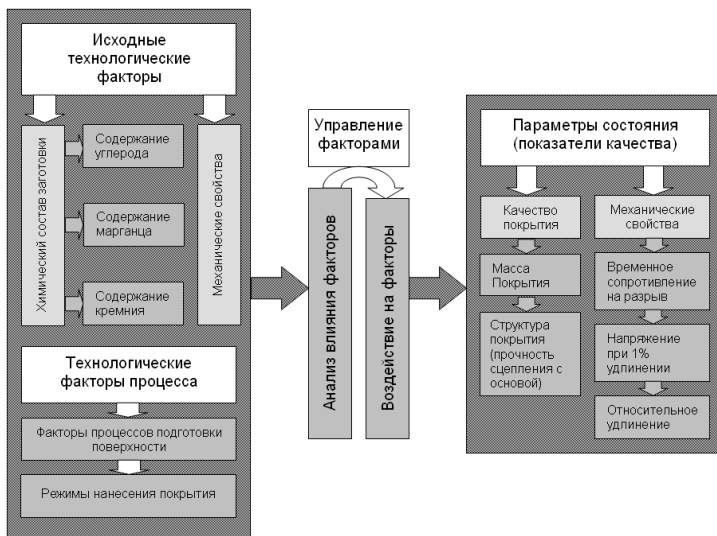


Рис. 4. Схема управления качеством оцинкованной проволоки

Список литературы

1. Носов А.Д., Мезин И.Ю., Зотов С.В., Бузунов Е.Г., Латыпов Р.Т. Анализ условий нанесения цинковых покрытий на проволоку в агрегатах FIB и ICE // Фазовые и структурные превращения в сталях: Сб. научн. трудов, вып. 5/ Под ред. В.Н. Урцева. – Республика Башкортостан, п. Кусимово, 2008. С.502-507.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ПРОФИЛЕЙ ВЫСОКОЙ ЖЕСТКОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Е.А. Анисимова, Н.М. Локотунни

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Челябинская область, Россия,
yendetta-katya@mail.ru*

Процесс профилирования в валках является весьма прогрессивной разновидностью технологии обработки металлов давлением, который позволяет получать гнутые профили различной конфигурации поперечного

сечения. Одним из главных направлений в решении задач по экономии металла, снижению удельной металлоемкости машин и строительных конструкций, трудоемкости изготовления и повышению эффективности их эксплуатации является широкое производство и использование гнутых профилей проката во всех отраслях.

Преимущественным спросом в тяжелом и транспортном машиностроении для обшив грузовых цельнометаллических вагонов и полувагонов, балок мостовых кранов, корпусов шахтных вагонеток пользуются профили высокой жесткости (ПВЖ), изготавливаемые в листопрокатном цехе № 8 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ЛПЦ-8 ОАО «ММК»). Одним из востребованных является профиль 1590×6×1535×40,8×4,8 мм, применяемый в конструкции полувагона в качестве крышки люка.

При производстве данного вида профиля важную роль играют пластические свойства заготовки, а для потребителей наиболее важными являются характеристики прочности и жесткости готового профиля. На сегодняшний день данный вид профиля не удовлетворяет требованиям потребителей по эксплуатационным параметрам. С помощью Microsoft Excel разработана программа для решения задачи оптимизации на основе методики оценки прочностных свойств гнутых профилей.

Однако, данная методика не учитывает влияние конфигурации разрабатываемого профиля на стойкость валков, с низкой стойкостью которых в настоящее время столкнулись в ЛПЦ-8 ОАО «ММК».

От величины и места износа валков зависят геометрия профиля, настройка профилегибочного стана, его производительность [1]. Факторы, влияющие на срок службы валков, представлены на рисунке.

Для анализа стойкости валков собран массив данных, включающий в себя количество прокатанного металла и соответствующие ему показатели временного сопротивления разрыву, числа мест изгибов на профиле, а также ширины, высоты и длины гофра.

С помощью функции анализа данных выполнен множественный регрессионный анализ и получено уравнение регрессии, показывающее зависимость стойкости валков от различных параметров:

$$B = 47645,81 - 122,26S_B - 150,98n - 76,80h - 7,69b, \quad (1)$$

где B - количество отформованного металла до перевалки валков, т; S_B - временное сопротивление разрыву, Н/мм²; n - число мест изгибов на профиле; h - высота гофра; b - ширина гофра, мм;

Полученное уравнение регрессии можно считать статистически надежной аппроксимацией исследуемой зависимости, так как рассчитанное число Фишера $F_p = 4,57$ больше табличного $F [0,05; 5; 21] = 2,69$.

С помощью полученной зависимости была усовершенствована методика оценки прочностных свойств гнутых профилей, включающая в себя [2]:



- Относительный показатель прочности. Данный показатель, который принимаем в качестве целевой функции [3]:

$$P_{\text{проф}} = \frac{W_{\text{проф}} \cdot s_{i_{\text{проф}}}}{W_{\text{баз}} \cdot s_{i_{\text{баз}}}} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где $W_{\text{проф}}, W_{\text{баз}}$ - момент сопротивления, соответственно, проектируемого и базового профилей, см^3 ; $s_{i_{\text{проф}}}, s_{i_{\text{баз}}}$ - сопротивление металла деформации соответственно проектируемого и базового профилей, Н/мм^2 .

- Сопротивление металла деформации для соответствующего профиля определяем как приведенную характеристику [5]:

$$s_{i_{\text{прив}}} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot s_i}{F_{\text{проф}}}, \quad (3)$$

где $F_{\text{проф}}$ - площадь поперечного сечения всего профиля, мм²; F_i - площадь поперечного сечения i -ого участка, мм²; S_i - интенсивность напряжения на i -ом участке профиля, Н/мм²; n - количество участков, на которые разбит профиль.

- Интенсивность напряжения на i -ом участке профиля:

$$s_i = 8038,22(e_i)^3 - 7004,14(e_i)^2 + 2131,61(e_i) + 222,39, \quad (4)$$

где e_i - интенсивность деформации, рассчитываемая по формуле:

$$e_i = (2,1278 \cdot \sin^2 \frac{2px}{b} + 0,1427 \cdot \sin \frac{px}{b}) \cdot \frac{\Delta b}{b}, \quad (5)$$

где Δb - разность между конечной и начальной шириной гофра, мм.

Варьируемыми параметрами выбраны элементы гофров жесткости: высота (h) и ширина гофра (b), толщина заготовки (S), внутренний (R_2) и наружный (R_1) радиусы скругления.

В качестве ограничений использован комплекс показателей, учитывающий конструкционные особенности профиля: $40,1 \leq h \leq 40,8$; $4,5 \leq S \leq 4,8$; $120 \leq b \leq 130$; $R_2 \leq 0,6024 \cdot b - R_1$; $h \leq 0,2664 \cdot b$; $7 \leq R \leq 50$.

Длину гофра уменьшили с 1535 до 1525 мм по требованию заказчика.

При решении задачи оптимизации приняты ограничения, учитывающие пластические свойства металла:

$$y_i = \frac{e_i}{2 \cdot \ln(1 + 0,94 \cdot d_5)} < 1, \quad (6)$$

где y_i - степень использования запаса пластичности при профилировании;

d_5 - относительное удлинение металла при испытании на растяжение.

$$0,7 \leq P = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \leq 1, \quad (7)$$

где P - усредненный показатель степени использования запаса пластичности металла готового профиля; $y_{\text{пред}}$ - предельное значение степени использования запаса пластичности по сечению профиля.

Полученная в работе зависимость стойкости валков от различных параметров (1) была принята в качестве ограничений.

В результате решения задачи оптимизации определены основные геометрические характеристики и характеристики прочностных и пластических свойств металла профиля и получена рациональная конфигурация ПВЖ с увеличенной шириной гофра до 130 мм, уменьшенным периодом до 1525 и толщиной до 4,5 мм.

Производство данного вида профиля приведет к снижению металлоемкости изделий при повышенной прочности и жесткости металла, что играет важную роль для потребителей проката.

Список литературы

1. Филимонов С.В. Метод, расчеты и технология интенсивного деформирования в роликах гнутых профилей типовой номенклатуры / С.В. Филимонов, В.И. Филимонов. Ульяновск: УлГТУ, 2004. 246 с.

2. Разработка новой конфигурации профилей высокой жесткости на основе методики оценки эксплуатационных свойств / Е.А. Анисимова, Н.М. Локотунина, Н.Г. Шемшурова // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Сб. науч. трудов. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. № 42. 152 с.

3 Методика определения показателя прочности холодногнутого профиля / Н.Г. Шемшурова, О.В. Ионова, Н.М. Локотунина, Е.М. Соллодова // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Межрегион. сб. науч. трудов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. С. 215-219.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В МЕТАЛЛУРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ

А.М. Песин, В.М. Салганик, Г.А. Бережная

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Российская Федерация,
galina_1609@mail.ru*

В настоящее время большинство специалистов в области качества сертификации СМК на соответствие стандарту ИСО 9001 предпочитают создание различных интегрированных систем менеджмента [1-5].

В Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова» на кафедре обработки металлов давлением ведется работа по созданию подобной интегрированной системы менеджмента (см. рисунок).

Подобная интегрированная система менеджмента позволяет сфокусировать внимание организации на участке, который ограничивает ее при достижении поставленных целей в области качества. В рамках этой системы введено понятие «узкого места в области качества», под которым понимается такой ресурс, уровень работы или доступный объем которого не позволяет достичь предприятию требуемого или запланированного им качества.

В рамках настоящей работы выделяются две группы показателей: *обязательные и определяемые организацией самостоятельно.*

К обязательным относятся следующие показатели:

1. Показатели теории ограничений (чистая прибыль, денежный поток, рентабельность инвестиций, поток прибыли, операционные расходы, запасы).

2. Показатели выбора приоритетных мероприятий в области качества:

2.1. средневзвешенный поток прибыли $ПП_{ср.вз}$ (руб./час):

$$ПП_{ср.вз} = \frac{\sum_{i=1}^n ПП'_i \cdot Q'_i}{\sum_{i=1}^n Q'_i}, \quad (1)$$

где $ПП'_i$ - поток прибыли i -го вида продукции после проведения мероприятия, руб./час;

Q'_i - объем продаж i -го вида продукции после проведения мероприятия в области качества, т.

В процессе оптимизации разница между значениями средневзвешенного потока прибыли до и после проведения мероприятия должна стремиться к максимуму $\Delta ПП_{ср.вз} \rightarrow \max$.

2.2. Показатель эффективности мероприятий в области качества \mathcal{E} (руб./руб.):

$$\mathcal{E} = \frac{ПП_{ср.вз} \cdot T}{ЗНК}, \quad (2)$$

где $ЗНК$ - затраты на проведение отдельного мероприятия в области качества, рассчитанные по ABC-методу, руб.;

T - период времени, по истечении которого оцениваются результаты проведения мероприятий в области качества, час.

Результаты расчета приведенных выше показателей являются достоверными при условии $\sum_{i=1}^n \frac{Q'_i}{Пр_i} = T = const$, где в знаменателе производительность i -го агрегата на «узком месте», т/час.



Модель сбалансированной системы показателей в области качества с учетом ограничивающих факторов

Подобная система реализуется в рамках процесса непрерывного улучшения, включающего в себя следующие этапы: формулирование миссии предприятия; определение ключевых факторов успеха; постановка стратегических целей в области качества и их формализация в виде конкретных показателей; выявление факторов, ограничивающих возможности достижения запланированного уровня качества; разработка мероприятий эффективного использования потенциала выявленных ограничений; выбор приоритетных мероприятий в области качества; вовлечение всех элементов

системы в процесс использования потенциала ограничений; устранение выявленных ограничивающих факторов и переход к этапу 4, 3 или 2.

Предложенные выше система показателей и расширенный процесс непрерывного улучшения были реализованы на примере технологической системы Листопрокатный цех №8 Открытого акционерного общества «Магнитогорский металлургический комбинат» – Цех ленты холодной прокатки Открытого акционерного общества «Магнитогорский метизнокалибровочный завод «ММК-МЕТИЗ».

Таким образом, эта система дает четкий механизм выбора приоритетности мероприятий в области качества, что, позволит добиться оправданного с экономической точки зрения качества за счет эффективного распределения, имеющиеся в наличии у предприятия ресурсов.

Список литературы

1. Версан, В.Г., 2001. «Сильные и слабые стороны стандартов ИСО серии 9000 новой версии: стратегия введения в действие», Стандарты и качество, №12, с. 56 - 61.
2. Лапидус, В.А., 1999. «Доктор Дж. Джуран критикует стандарты ИСО серии 9000», Стандарты и качество, №11, с. 71 – 75.
3. Седдон, Дж., 2005. «Стандарты ИСО серии 9000: болезнь экономики?», Деловое совершенство, № 4. С. 8 – 13.
4. Свиткин, М.З., 2004. «Интегрированные системы менеджмента», Стандарты и качество, № 2. С. 56 – 61.
5. Кабаков, Ю.Б., 2006. «Построение системы менеджмента организации: 1 система, 2 слоя, 3 шага, 5 граней, 8 принципов ...», Стандарты и качество, № 4. С. 70-75

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ РЕГЛАМЕНТАЦИИ КОМПЛЕКСА ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЦЕССАМ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

И.Г. Гун, И.А. Михайловский

*ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»*

Наличие целого комплекса выполняемых функций, присущее подавляющему большинству производимых современными предприятиями видов продукции, обуславливает широкий перечень показателей качества изделий, которые должны соответствовать требованиям как конструкторской документации, так и государственных стандартов.

В силу своего многообразия показатели качества производимой продукции могут обладать различной значимостью (весомостью) для потреби-

телей. В связи с этим и способности технологического процесса производства по обеспечению требуемых значений различных показателей качества продукции приобретают различные весомости. При этом возникает задача оценки технологического процесса не только с точки зрения возможности производить изделия с показателями качества требуемого уровня, но также и с учетом их весомостей.

Разработка методологии обеспечения качества изделий на основе регламентации комплекса требований к процессам их производства позволит не только получить данные для сравнительного анализа различных технологических процессов, но также определять в них элементы, требующие улучшения. При ее создании используем следующие основные принципы квалиметрии [1]:

- рассмотрение результативности технологического процесса производства изделий как некой совокупности его свойств, позволяющих изготавливать продукцию с определенным набором показателей качества;
- зависимость оценки каждого свойства технологического процесса от значений его показателя;
- сведение воедино показателей отдельных свойств технологического процесса в одну шкалу;
- учет неравнозначности отдельных свойств при оценке технологического процесса.

Для определения коэффициентов весомости единичных показателей оценки результативности технологических процессов производства изделий предлагается использовать метод экспертного опроса специалистов по их конструированию, производству и эксплуатации. Учитывая, что весомость единичных показателей оценки результативности технологических процессов зависит от способности обеспечивать показатели качества продукции в соответствии с заданными конструкторской документацией требованиями, в ходе опроса экспертам необходимо оценить весомости показателей качества изделий.

При обработке данных экспертного опроса для определения коэффициентов весомости предлагается использовать метод рангов [2], суть которого заключается в том, что эксперт оценивает важность каждого единичного показателя по шкале относительной значимости в установленном диапазоне. Расчет весомости осуществляется по формуле:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij}}, \quad (1)$$

где n – количество оцениваемых показателей; m – количество экспертов; i – порядковый номер показателя; j – порядковый номер эксперта; w_{ij} – весомость i -го показателя на основе оценок показателей j -ым экспертом.

При этом

$$w_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sum_{i=1}^n p_{ij}}, \quad (2)$$

где p_{ij} – весомость i -го показателя, установленная j -ым экспертом.

В качестве значений единичных показателей для каждого из оцениваемых свойств технологического процесса предлагается использовать широко распространенный в настоящее время в мировой практике показатель *ppm* (англ.: parts per million), характеризующий выход несоответствующей продукции по показателям качества изделий на миллион произведенных.

При определении вероятного выхода несоответствующей продукции (вероятный *ppm*) данный показатель определяется как функция от индекса воспроизводимости C_{pk} , при этом подразумевается, что процесс устойчив и воспроизводим, а значения показателей качества имеют нормальное распределение.

Результативность технологического процесса производства напрямую зависит как от значений показателей ppm_i , характеризующих выход несоответствующей продукции по показателям качества изделий, так и от весомостей w_i этих показателей, по которым наблюдаются данные несоответствия. С целью оценки влияния показателей ppm_i и весомостей w_i на результативность технологических процессов производства изделий вводится показатель «взвешенная вероятность выхода несоответствующей продукции» q_i .

Под взвешенной вероятностью выхода несоответствующей продукции (q_i) по какому-либо показателю качества изделий понимается произведение относительного выхода несоответствующих изделий ($ppm_i \cdot 10^{-6}$) по i -му показателю качества, на показатель весомости w_i данного показателя:

$$q_i = ppm_i \cdot w_i \cdot 10^{-6}. \quad (3)$$

Под результативностью технологического процесса производства изделий, обладающих определенным набором требуемых показателей качества, принимаем показатель, обратный суммарной взвешенной вероятности выхода несоответствующей продукции:

$$R = \frac{1}{\sum_{i=1}^n q_i}, \quad (4)$$

где R – результативность технологического процесса производства изделий; n – количество показателей результативности технологического процесса; q_i – взвешенная вероятность выхода несоответствующей продукции по показателю качества, определяемому i -ым свойством технологического процесса.

Результативность технологического процесса производства изделий R зависит от значений взвешенных вероятностей выхода несоответствующей продукции q_i , вычисляемых для каждого свойства технологического процесса, определяющего соответствие значений того или иного показателя качества требованиям конструкторской документации. Являясь величиной, обратной суммарной взвешенной вероятности, результативность процесса увеличивается при снижении значений q_i .

С целью определения путей повышения результативности технологических процессов необходимо провести анализ полученных значений взвешенных вероятностей выхода несоответствующей продукции ($q_i^{\text{баз}}$) по каждому из показателей ее качества при базовом варианте технологического процесса (с предварительно рассчитанными значениями базовой результативности процесса $R^{\text{баз}}$ и базовыми значениями единичных показателей $prt_i^{\text{баз}}$).

Наибольшее повышение результативности технологических процессов возможно за счет снижения наиболее высоких показателей взвешенной вероятности выхода несоответствующей продукции $q_i^{\text{баз}}$. Соответственно, в первую очередь улучшениям должны быть подвергнуты технологические операции, формирующие показатели качества изделий с наибольшими значениями $q_i^{\text{баз}}$.

После проведения корректирующих мероприятий, направленных на улучшение качества выпускаемой продукции, производится повторное

определение показателей $ppm_i^{ул.}$, $R^{ул.}$ с целью сравнения с базовыми значениями и определения дальнейших путей совершенствования производственных процессов.

Представленная методология обеспечения качества изделий на основе регламентации комплекса требований к процессам их производства позволяет определять пути повышения качества выпускаемой продукции для большего удовлетворения требований потребителей.

Список литературы

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. – М.: Издательство стандартов. – 1973. – 172 с.
2. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика. – 1982. – 256 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТЛИВОК КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ КАЧЕСТВЕННОСТИ

В.М.Колокольцев, Е.В.Синицкий, С.Ю.Волков

Магнитогорский государственный технический университет

им.Г.И.Носова, г.Магнитогорск, Россия,

E-mail: kwm@magtu.ru, e-v-s@mail.ru

Проблема повышения качества и эксплуатационных свойств отливок актуальна для всех сфер их применения. Особо остро данная проблема стоит для отливок горно-металлургической, нефтегазовой отрасли и машиностроения, работающих в условиях абразивного износа, высоких температур и агрессивных сред. Повышение качества и конкурентоспособности выпускаемых изделий и оборудования напрямую связано с необходимостью улучшения качества металла, а также с созданием новых конструкционных материалов. Повышение качества можно достичь путем создания новых износостойких сплавов, принципов их легирования, совершенствованием технологии производства. Для этого широко используется метод прогнозирования свойств сплавов по диаграммам состояния с использованием зависимостей типа "состав-свойство". Однако, для ряда важных специальных или служебных свойств данные зависимости неизвестны.

Теоретические и экспериментальные работы, выполненные с целью изучения абразивной износостойкости, показывают на взаимосвязь химического состава, технологии изготовления, структуры и износостойкости литейных сплавов и отливок, но не позволяют однозначно определить крите-

рии ее оценки и численные характеристики [1]. Формирование специальных свойств отливок обусловлено действием ряда факторов, таких как: химический состав, механические свойства, характеристики технологических процессов, получаемые микро- и макроструктуры, а также их свойства. Применение подобных подходов к вопросам формирования качественных изделий не позволяет получить продукцию, отвечающую современным требованиям, так как не учитывает специфические для каждого вида литья условия.

Большинство исследователей, работающих в области абразивного изнашивания металлов и сплавов, предлагают свои критерии износостойкости. Такие критерии зачастую отражает трактовку теорий изнашивания. Ввиду этого, применение подобных критериев на практике сильно затруднено из-за специфичности и трудности получения физико-механических характеристик входящих в эти критерии [2].

По мнению М.М.Хруцова относительная износостойкость сталей после закалки линейно увеличивается при повышении твердости.

$$e = e_0 + b \cdot (H - H_0),$$

где b - коэффициент, зависящий от химического состава сталей; H_0, H - твердость стали в отожженном и закаленном состояниях.

М.М. Тененбаум также оперирует твердостью, хотя им были получены данные, противоречащие этому. И.В. Крагельский в разное время предлагал различные аналитические зависимости для оценки износостойкости материалов. При попытке определить эмпирическим способом фактическую площадь при упругом контакте взаимодействующих пар трения он использует обобщенную упругую константу Кирхгофа.

$$q = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2};$$

где μ_1, μ_2 и E_1, E_2 - коэффициенты Пуассона и модули упругости контактирующих тел 1 и 2.

Входящие в данный критерий характеристики структурно не чувствительны. Другой критерий - интенсивность износа включающий характеристики, которые не учитывают свойств ни испытуемого материала, ни контактирующего с ним.

Много внимания уделяется энергетической теории изнашивания. Вариантов энергетического подхода к механизму изнашивания много, но почти в каждом из них использовано понятие "объем изношенного материала".

$$i_T = \frac{W_T}{V_{изн}},$$

где i_T - мнимая плотность энергии трения; W_T - работа трения; $V_{изн}$ - объем изношенного материала.

При этом работа трения:

$$W_T = fNL_T;$$

где f - коэффициент трения; N - нагрузка; L_T - путь трения.

Для инженерных расчетов и прогнозирования выбора более износостойких материалов использовать "объем изношенного материала" нельзя, так как для получения численных значений необходимо знать трудно определяемые или вообще не определяемые в реальных условиях характеристики.

Г.Я. Ямпольский в качестве критерия оценки износостойкости при скольжении по абразивной прослойке предложили "комплекс механических и трибологических свойств" - отношение твердости к коэффициенту стружкообразования. Однако возможность определения для реальных пар трения коэффициента стружкообразования затруднена.

В.Н. Кашеев допускает возможность применения в качестве критерия оценки износостойкости металлических материалов при скольжении по абразиву "коэффициента жесткости кристаллической решетки", однако для реальных сплавов раздельная оценка жесткости кристаллической решетки каждой фазы невозможна.

$$K = 4p^2 \frac{K^2}{h^2} mq^2;$$

где K - постоянная Больцмана; h - постоянная Планка; m - масса электрона; q - характеристическая температура Дебая.

Р. Kohl предложил критерий "плотности энергии изменения формы", в данном критерии неучтено, что не для каждого сплава при его высокой твердости и хрупкости фиксируются предел прочности, предел текучести и относительное удлинение.

$$E = \frac{S_{0.2} + S_b}{2} e_d;$$

где - $S_{0.2}$ предел текучести; S_b - предел прочности; e_d - относительное удлинение при разрушении.

А.И. Лаврентьев в качестве критерия предлагает "объемную энергию разрушения". Высокотвердые материалы, а они наиболее износостойки при абразивном изнашивании, предлагаемой оценке не поддаются по причине высокой хрупкости.

$$a_p = \frac{S_k^2}{S_T};$$

где S_k - истинное сопротивление разрушению; S_f - предел текучести.

И.В. Южанов для скольжения металлических материалов по грунту в качестве критерия предлагает "работу разрушения металла". Для применения этого критерия, необходимо провести испытания материалов разной твердости во всех условиях изнашивания, т.е. определить износостойкость экспериментальным путем.

П.Н. Львов в качестве оценки износостойкости наплавляемых сплавов при скольжении и ударе по абразиву и металлу предложил "работу выдавливания канавки". При этом в критерии замер показателей трудно реализуем.

И.Ш. Белингер для условий абразивного и ударно-абразивного изнашивания в качестве критерия оценки износостойкости предложил "напряжение царапания". В этом критерии идея сопротивления изнашиванию сводится к попытке полностью считать ее адекватной резанию металла, что не может моделировать полностью механику абразивного изнашивания в условиях хрупкого и усталостного износа.

Флейшер при выборе критерия износостойкости совмещает в одном критерии условия скольжения по абразиву и металлу, обобщив это понятием "мнимой плотности энергии трения". Данный критерий вызывает сомнения в возможности получения.

$$e_R = e_{r_e} \frac{n_k}{u[z_R(n_k - 1) - 1]},$$

где e_{r_e} - средняя плотность энергии разрушения, определяемая по данным механических испытаний; n_k - число контактов до разрушения; x_R - коэффициент аккумуляции энергии; v - число износа.

Beckman G. и Kleis V. считают допустимым в качестве критерия оценки износостойкости материалов при скольжении по абразиву и при газоабразивном изнашивании принять отношение энергоемкости материала при сдвиге к прочности единичного контакта на срез. При этом энергоемкость материала при сдвиге - характеристика, наиболее тесно связанная с реальным механизмом изнашивания, но методика ее определения достаточно сложна.

Для условий трения скольжения по абразиву при высоком контактном давлении В.С. Попов предлагает в качестве критерия оценки износостойкости использовать энергоемкость металла. Однако ни одна механическая характеристика не может учитывать всю сложную гамму внешнего силового воздействия на поверхность металла единичной абразивной частицы при ее скольжении по монолитному абразиву.

Л.И. Погодаев в качестве критерия оценки износостойкости материалов при гидроабразивном износе предлагает использовать скрытую энергию наклепа. В этом критерии учитывается скрытая энергия наклепа по сумме микротвердостей до и после испытания.

$$W = E_{уд} * V_{кр};$$

где $E_{уд}$ - удельная энергоемкость металла; $V_{кр}$ - критическая скорость удара, постоянная для данного материала.

Однако, и этот критерий не освобождает от испытаний материалов на изнашивание, чтобы получить наклеп, а уже потом его зафиксировать.

Анализ указанных критериев позволяет сделать заключение, что аналитический путь описания изнашивания и оценки износостойкости весьма сложен и мало достоверен. В ряде рассмотренных примеров использованы не критерии износостойкости, а некая трактовка предполагаемого механизма изнашивания [2].

Наиболее адекватный критерий предложили В.Н.Виноградов и Г.И.Сорокин. Для прогнозирования износостойкости сталей - произведение предела прочности на относительное сужение - ($s_R y$). Данный критерий может использоваться для прогнозирования износостойкости сталей, у которых нет четкого проявления порога хрупкости, или он отсутствует.

Таким образом, существующие критерии износостойкости на текущем этапе не могут применяться для достоверного прогнозирования эксплуатационных свойств и качества литых изделий.

Для формирования критериев износостойкости наиболее полно отвечающим предъявляемым требованиям возможно применение методов квалиметрии, когда внешние факторы, существенно влияющие на исход операции (свойства сплавов), могут принимать одно из нескольких возможных состояний $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_j\}$, для которых известна вероятность их проявления $S(Q_j) = S_j$.

В качестве внешних факторов Q могут выступать – химический состав сплава, содержание легирующих компонентов, наличие и механизм действия модификаторов, характеристики технологических процессов существенно влияющие на конечный результат (например, теплофизические характеристики литейных форм и сплавов), характеристики описывающие макро- и микроструктуру сплавов, внешние характеристики, описывающие условия работы изделий, а так же комбинации всех перечисленных факторов.

Список литературы

1. Абразивная износостойкость литых металлов и сплавов / В.М. Колокольцев, Н.М. Мулякко, К.Н. Вдовин, Е.В. Сеницкий / Под ред. проф. В.М.Колокольцева. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 228 с.
2. Аналитические и инженерные критерии оценки абразивной износостойкости белых легированных чугунов / В.М. Колокольцев, Е.В. Сеницкий, П.А. Молочков, П.С. Лимарев, О.А. Миронов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им.Г.И.Носова, 2004, № 1.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Е.С. Яковлева

ГОУ ВПО «МГТУ», Магнитогорск, Россия

Постоянное повышение качества продукции является обязательным условием развития экономики и конкурентоспособности предприятия. Для выполнения этого условия необходимо осуществлять постоянную деятельность по управлению качеством, поскольку эпизодически проводимые мероприятия не обеспечат должного уровня качества производимой продукции.

Современное управление качеством исходит из того, что деятельность по управлению качеством не может быть результативной и эффективной после того, как продукция произведена, эта деятельность должна осуществляться в ходе производства продукции. Одним из наиболее распространенных подходов к управлению качеством в настоящее время, является подход, основанный на применении требований международного стандарта ИСО 9001:2008.

Любое производство независимо от его специфики неразрывно связано с измерениями, которым подвергаются как режимы технологических процессов, так и параметры заготовок и готовой продукции. По результатам выполненных измерений обычно делаются выводы о состоянии исследуемых объектов и соответствии их заданным требованиям. За обеспечение необходимого качества измерений, в общем случае, ответственность несет метрологическая служба предприятия, поскольку любое измерение входит в комплекс работ по метрологическому обеспечению производства.

При разработке комплекса работ по метрологическому обеспечению производства необходимо использовать системный подход, суть которого состоит в рассмотрении указанного обеспечения как совокупности взаимосвязанных процессов, объединенных одной целью - достижением требуемого качества измерений и, как следствие, достижением заданного уровня качества продукции.

Таковыми процессами являются:

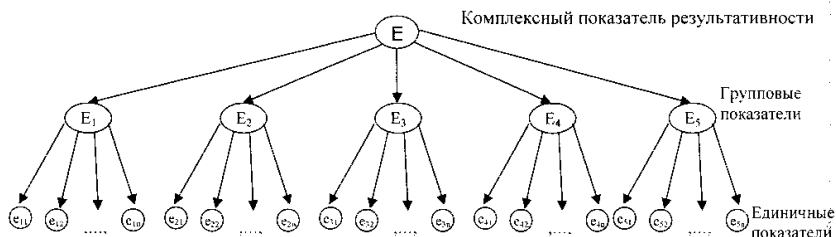
- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле качества продукции и управлении процессами;
- технико-экономическое обоснование и выбор средств измерений, испытаний и контроля и установление их рациональной номенклатуры;
- стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники;

- разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерения, испытаний и контроля;
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования, применяемого на предприятии;
- контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом контрольно-измерительного и испытательного оборудования, а также за соблюдением метрологических правил и норм на предприятии;
- участие в разработке и внедрении стандартов организации;
- внедрение международных, национальных стандартов, а также иных нормативных документов Росстандарта;
- проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, конструкторской и технологической документации;
- проведение анализа состояния измерений, разработка на его основе и осуществление мероприятий по совершенствованию метрологического обеспечения;
- подготовка работников соответствующих служб и подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций [1].

Предприятиям, реализующим подход к управлению качеством, основанный на реализации требований ИСО 9001:2008, предлагается оценивать результативность метрологического обеспечения производства (и соответственно выполнения требований раздела 7.6 «Управление оборудованием для мониторинга и измерений» ИСО 9001:2008) с помощью специального показателя [2].

В работе [3] предложен подход к оценке результативности метрологического обеспечения процесса производства с помощью комплексного показателя.

Для наглядного представления степени взаимодействия свойств и взаимосвязи групповых и единичных параметров, составляющих комплексный показатель результативности метрологического обеспечения, используется граф-модель, разработанная для процессов производства малогабаритных корпусных изделий. Указанная граф-модель представлена на рисунке. Предлагаемый показатель «Результативность метрологического обеспечения», обозначенный на рисунке как E, является комплексным, поскольку включает в себя множество групповых и единичных параметров, характеризующих составляющие элементы метрологического обеспечения. Составляющие элементы метрологического обеспечения производства устанавливает метрологическая служба, в зависимости от специфики деятельности предприятия.



Граф-модель зависимости комплексного показателя оценки результативности метрологического обеспечения от групповых и единичных показателей: E - комплексный показатель результативности метрологического обеспечения; E_1, \dots, E_n - групповые показатели оценки результативности метрологического обеспечения; $e_{11} \dots e_{nm}$ - единичные показатели оценки результативности метрологического обеспечения.

Архитектура предлагаемой модели оценки результативности метрологического обеспечения основывается на трех иерархических уровнях используемых показателей: комплексный, групповые и единичные. Групповые показатели, принадлежащие второму уровню, рассчитываются суммированием единичных показателей составляющих первый уровень. Это позволяет получить значение группового показателя, отличное от нуля, даже при нулевом значении одного из единичных показателей. В этом случае единичные показатели считаются равновесными, а нулевое значение одного из показателей компенсируется действием другого. Полученные значения групповых показателей перемножаются между собой, что обеспечивает достоверность и адекватность получаемой оценки результативности, поскольку в случае равенства нулю одного из групповых показателей невозможно говорить о результативном функционировании всего метрологического обеспечения.

Комплексный показатель результативности метрологического обеспечения определяется как отношение произведений фактических и плановых групповых параметров. За плановые параметры принимаются максимально возможные и реально достижимые показатели, определяемые документами перспективного развития предприятия.

Таким образом, математическую модель оценки результативности метрологического обеспечения можно описать с помощью следующих формул:

$$E = j(E_1, E_2, E_3, E_4, E_5), \quad (1)$$

где E - комплексный показатель результативности; E_1, \dots, E_5 - групповые показатели результативности.

Сумма фактических значений единичных показателей по каждому групповому показателю

$$E_n = \sum_{i=1}^N e_{fi} , \quad (2)$$

где E_n - групповые показатели результативности; e_{fi} - фактические значения единичных показателей результативности; N – число единичных показателей.

Сумма плановых значений единичных показателей по каждому групповому показателю

$$K_n = \sum_{i=1}^N e_i , \quad (3)$$

где K_n - плановые групповые показатели результативности; e_i - плановые значения единичных показателей результативности.

Расчет комплексного показателя оценки результативности метрологического обеспечения

$$E = \frac{\prod_{n=1}^M E_n}{\prod_{n=1}^M K_n} , \quad (4)$$

где M – число групповых показателей.

Применение предложенного комплексного показателя оценки результативности позволит учесть влияние всех составляющих элементов, оценить текущее состояние и определить дальнейшие перспективы развития метрологического обеспечения производства.

Такой подход может найти широкое применение при планировании и организации производства, разработке новых видов продукции в различных отраслях промышленности.

Список литературы

1. Метрология: учебник / А.А. Брюховец [и др.]; под общ. ред. С.А.Зайцева.- М.:ФОРУМ, 2009.- 464 с.
2. ИСО 9001:2008. Системы менеджмента качества. Требования.
3. Мезин И.Ю., Яковлева Е.С. Оценка результативности метрологического обеспечения производства автокомпонентов// Вестник МГТУ. 2009.№3. С. 49-52.