

УДК 519.87, 65.01

МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ И ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ¹

Губко М.В., Константинова Н.В.
(Институт проблем управления РАН, Москва)
mgoubko@mail.ru

Ключевые слова: многоканальный механизм управления, организационная структура, информационная система поддержки принятия решений, внедрение информационных систем.

Показывается, каким образом многоканальные механизмы управления могут использоваться при внедрении информационных систем управления предприятием для решения проблемы актуализации исходных данных в системах поддержки принятия решений, описывается специфика механизмов, приводятся примеры внедрений.

MULTI-CHANNEL ORGANIZATIONAL STRUCTURES AND MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS IMPLEMENTATION

Goubko M.V., Konstantinova N.V.
(Institute of Control Sciences RAS, Moscow)
mgoubko@mail.ru

Keywords: multi-channel control mechanism, organizational structure, decision-support system, management information system implementation.

We show how multi-channel control mechanisms help to solve the problem of populating a decision-support system with relevant source data in the course of corporate information system implementation, discuss new features of the mechanism, and give some examples of multi-channel control mechanism implementation.

1. Введение

Последние десятилетия характеризуются бурными процессами автоматизации управления российскими предприятиями. Начавшись с систем автоматизации расчетов, перейдя сначала в область учета (бухгалтерского и управленческого), а затем захватив и задачи планирования различных

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-07-00104).

сфер деятельности предприятия (производство, финансы, ремонты), в наше время информационные технологии используются для поддержки всех этапов (планирование и принятие решений, реализация и контроль, анализ и обработка, улучшение и развитие) оперативного (автоматизированные системы управления технологическими процессами, системы оперативного управления производством и системы диспетчерского управления) и стратегического (аналитические системы, системы управления эффективностью деятельности и пр.) управления.

Наиболее сложными для автоматизации являются задачи поддержки принятия управленческих решений, как оперативных, так и стратегических. Решение этих задач считается делом самых «продвинутых» информационных систем управления (т.н. систем поддержки принятия решений, СППР) и лишь очень немногих проектов автоматизации управления предприятием, по крайней мере, в России.

Одна из трудностей внедрения СППР состоит в том, что любая такая система основана на некоторой математической модели функционирования объекта управления при различных управленческих воздействиях и внешних условиях. Объект управления при этом обычно довольно сложный, и описывающая математическая модель также сложна, как с точки зрения реализуемых алгоритмов, так и с точки зрения объема исходных данных и требований к их точности и актуальности.

В последние годы появились адекватные математические модели, позволяющие принимать решения о режимах работы отдельных установок и целых систем (например, электрических и тепловых сетей, систем газо- и нефтепроводов). Кроме того, СППР находят широкое применение и при решении инженерных задач – расчете нормативов прочности конструкций, определении технологических условий присоединения к электросетям, и т.п.

Однако проблема наполнения СППР исходными данными для расчетов остается критической, зачастую определяя успех проекта внедрения информационной системы. Внедрение СППР часто сталкивается с активным противодействием со стороны сотрудников Заказчика, до сих пор управлявших автоматизируемым процессом, и опасющихся, что со временем «их заменят компьютером». Самым распространенным способом противодействия является утаивание информации о деталях работы того или иного объекта управления, предоставление неполных или намеренно искаженных исходных данных. Типичные объяснения при этом звучит примерно так: «никакой компьютер не сможет учесть все детали и тонкости», «для ввода в компьютер всех необходимых данных потребуется настолько большое время, что информация устареет, и решения всегда будут запаздывать», «ввод данных требует огромных усилий – это не окупится».

Эти, потенциально резонные, ответы, тем не менее, являются, в большинстве случаев, отговоркой и попыткой затормозить внедрение СППР. Именно это является причиной того, что производственные и управленческие процессы многих российских предприятий до сих пор автоматизированы не в той мере, в которой это потенциально возможно.

Для решения этой проблемы мы предлагаем по-новому применять так называемые *многоканальные механизмы управления*, разработанные в рамках теории активных систем [1] и уже довольно давно применяемые для повышения эффективности работы операторов, использующих информационные системы-советчики для управления как производственными, так и обеспечивающими процессами предприятия.

2. Многоканальные механизмы управления: описание и история

Многоканальные механизмы управления были разработаны в теории активных систем в конце 70-х годов XX века для повышения эффективности управления сложными технологическими процессами. Первоначально исследования многоканальных механизмов были вызваны проблематикой совершенствования автоматизированных систем управления и были внедрены на ряде металлургических предприятий, в частности, в процессе совершенствования автоматизированных систем управления доменным и сталеплавильным производством [2].

Основная идея многоканальных механизмов заключается в принятии решений по управлению процессом одновременно двумя или более параллельными каналами. Один из этих каналов является основным – именно его решение принимается к исполнению, решения же остальных каналов имеют рекомендательную силу.

Возможны различные варианты реализации механизма – либо в основном и вспомогательных каналах решения принимают люди (операторы), либо, что встречается чаще, в основном канале решения принимает оператор, а все вспомогательные каналы или их часть реализуются в виде автоматизированных СППР, советующих оператору. При этом в конкурентном режиме могут использоваться одновременно несколько СППР, основанных на разных концепциях и моделях процесса, что позволяет реализовать принцип многомодельности при принятии решений.

Многоканальный механизм управления применяется в тех случаях, когда качество математических моделей технологического процесса недостаточно для того, чтобы эффективно и безопасно управлять этим процессом автоматически во всех режимах функционирования и во всех возможных ситуациях. Поэтому центральным элементом системы управления остается оператор, решения которого принимаются к исполнению, и который несет за эти решения полную ответственность. В то же время, решения оператора также далеко не всегда являются наилучшими, и хотелось бы, чтобы он прислушивался к советам СППР в тех «штатных» ситуациях, когда они

дают наилучшие советы. Многоканальный механизм управления создает такую заинтересованность у оператора за счет включения системы материального вознаграждения, стимулирующей соревновательность.

А именно, предложения вспомогательных каналов не только принимаются основным каналом (оператором) в качестве советов, но и используются для формирования норматива эффективности управления, с которым сравнивается фактическая эффективность принятых первым каналом решений. На основе сравнительной оценки эффективности предложенных всеми каналами решений формируются стимулирующие воздействия – определяется размер вознаграждений каждого из каналов [2] (при этом премии, «заработанные» СППР, могут относиться к сотрудникам предприятия, поддерживающим и развивающим эту информационную систему).

Для сравнения решений каналов разрабатывается единый показатель качества решений, обычно имеющий экономическую природу. Самая простая формула расчета вознаграждения первого канала предполагает премирование пропорционально превышению значения показателя над *нормативом*, вычисляемым на основе показателей качества решений, предложенных вспомогательными каналами (если качество работы первого канала не дотягивает до норматива, могут применяться и штрафные санкции).

Возможность вычисления качества управляющих воздействий, предлагаемых вспомогательными каналами, основана на том, что ее измерение производится «задним числом», когда результаты управленческих воздействий уже известны. Так, типичная вход-выходная модель управляемого процесса определяется абстрактной функциональной зависимостью вида $y = f(x, u, \theta)$, где x – измеримый вход процесса, y – измеримый выход (результат) процесса, u – некоторое управляющее воздействие, а θ – ненаблюдаемые факторы, влияющие на ход процесса. После завершения процесса уже известны вход x , управление первого канала u_1 , реализовавшийся в результате применения управления u_1 выход y_1 , а также управления u_2, \dots, u_n , рекомендованные $n - 1$ вспомогательными каналами. Тогда возможность вычисления вектора неизвестных факторов θ определяется обратимостью функции $y = f(x, u, \theta)$ относительно аргумента θ при фиксированных остальных факторах. Обратимость означает ту или иную разновидность монотонности отображения $f(\cdot)$ по параметру θ [3], что зачастую имеет место в реальных технологических процессах.

Зная θ , можно предсказать, каковы были бы результаты процесса $y_i := f(x, u_i, \theta)$, $i = 2, \dots, n$, если бы были приняты решения вспомогательных каналов. Алгоритм вычисления потенциального выхода процесса «как если бы был принят совет вспомогательного канала» называется *пересчетной моделью* технологического процесса. Разработка пересчетной модели представляет собой основную сложность при внедрении многоканальных механизмов на практике, хотя в ряде случаев (например, для сталелитейно-

го производства) удавалось построить критерий сравнения эффективности каналов, не имея детальной физической модели производства (см. [4]).

При наличии пересчетной модели легко вычисляется любой числовой или векторный критерий $Q(y, u, x, \theta)$ качества решения, зависящий не только от результата y , но и от управленческих воздействий u , а также измеримых и неизмеримых условий протекания процесса (соответственно, x и θ).

Норматив $K(Q_1, \dots, Q_n, x, \theta)$, от которого зависит премия основного канала, может зависеть не только от качества Q_1, \dots, Q_n работы основного и вспомогательных каналов, но и непосредственно от условий протекания процесса x и θ . Такой *гибкий* норматив позволяет более справедливо учесть все факторы, влияющие на оценку усилий основного канала.

Выигрыш от внедрения многоканальных механизмов основывается на эффекте соревновательности и конкуренции, которые побуждают основной канал обучаться – использовать предлагаемые вспомогательными каналами управляющие воздействия при выработке собственных решений и самостоятельно отбирать те условия, при которых лучше работают те или иные модели процесса.

3. Выявление информации с помощью многоканального механизма

Как уже отмечалось во введении, СППР обычно основываются на довольно сложных прогнозных моделях функционирования объекта управления при различных режимах управления и внешних условиях, требующих подробной информации об объекте управления. Приведем два примера СППР из различных отраслей промышленности.

1. Для расчета технологического присоединения к электрическим сетям требуется информация о фактическом состоянии всех линейных объектов, распределительных и трансформаторных станций, о нормативном и фактическом потреблении электроэнергии уже подключенными клиентами, об окружающих эти объекты коммуникациях, включая газовые и водопроводные сети, дороги и дома. На основании этих данных современные информационные системы (см., например, [5, 6]) позволяют разработать рациональную схему технологического присоединения: определить точку подключения к сети, рассчитать расположение новых линий электропередач с учетом ограничений, накладываемых городским ландшафтом и имеющимися коммуникациями, и даже предложить наиболее рациональный вариант привлечения недостающих мощностей.
2. В задаче планирования цепочек поставки (supply chain network planning) требуется распределить товарные потоки и выбрать уровни складских запасов на весь промежуток планирования для каждого узла сложной дистрибьюторской сети, связывающей производителей продуктов и их потребителей логистическими каналами. Если

заданы потенциальные цены производителей и их производственные мощности, диапазон возможных объемов потребления и планируемые цены потребителей, множество промежуточных узлов дистрибуторской сети, а также транспортные затраты и ограничения пропускной способности каналов транспортировки, то планирование товарных потоков, максимизирующих прибыль компании, сводится к решению задачи линейного программирования, которая, хотя и имеет обычно довольно большую размерность, но эффективно решается с использованием современных вычислительных мощностей [7-9]. На практике в оптимизационной модели удается учитывать и гораздо более тонкие ограничения, если удастся собрать о них информацию.

Корректное функционирование этих моделей обычно требует очень высокого качества исходных данных – любые неточности в заполнении производственной базы данных могут сильно снизить эффективность предлагаемых решений, а зачастую приводят к катастрофическим последствиям.

Нежелание технических специалистов раскрывать информацию о закономерностях функционирования конкретного объекта управления, предоставление неполных или намеренно искаженных исходных данных «ставит крест» на перспективах внедрения автоматизированных систем (особенно часто такая ситуация возникает, когда принятие «нужного» решения является для сотрудника предприятия источником побочного дохода, что характерно для процессов выдачи различных разрешений и технических условий). В то же время, получение этой информации из других источников (например, путем проведения полной независимой инвентаризации имеющихся активов) экономически нецелесообразно, а то и физически невозможно.

Для решения этой проблемы предлагается по-новому применять многоканальные механизмы управления, а именно, использовать заложенную в них соревновательность не для стимулирования обучения оператора, а для аудита принимаемых им решений.

Как и прежде, окончательное решение принимает оператор. Однако теперь его обязуют объяснять отклонения своего решения от решения, предлагаемого СППР на основе математической модели. В ходе этих объяснений и выявляются несоответствия между реальным положением вещей и данными, заложенными в модель СППР. По результатам обсуждения модель корректируется, и ее предложение вновь сравнивается с решением оператора.

Так, работа двух описанных выше оптимизационных моделей (а также многих других используемых в СППР моделей) сводится к решению задачи максимизации некоторого критерия качества на множестве допустимых решений. Ограничения, формирующие это множество, представляет собой

самую объемную часть исходных данных модели. Многие ограничения «забываются» при вводе, поскольку, по мнению специалистов, они не сказываются на оптимальном решении (а на самом деле, применяемые ими эвристические процедуры принятия решения «обходят» эти ограничения). В результате предлагаемое СППР решение зачастую оказывается лучше с точки зрения выбранного экономического критерия, чем решение принимаемое оператором – вопрос лишь в допустимости этого решения – удовлетворении реальным ограничениям.

Пример 1. Так, при планировании товарных потоков специалист легко видит нарушения юридических и неформальных договоренностей в предложенном СППР плане поставок, потенциально дающем большой экономический эффект. Именно эти (отсутствующие на данный момент в модели) ограничения и должен озвучить оператор – у него нет другого способа отстоять свое решение. Заметим, что в результате в СППР добавляются только важные (активные) ограничения, что сильно экономит время и усилия в процессе эксплуатации СППР! •

Пример 2. Возможность присоединения новой мощности к электрической сети существенно зависит от фактического состояния инфраструктуры. В то время как нормативные параметры оборудования известны, информацию о фактическом износе гораздо труднее извлечь «с мест», где (на базе этой информации) только и может приниматься инженерно обоснованное решение – отсутствие технической возможности присоединения или список оплачиваемых заявителем дополнительных работ, или, наоборот, технические условия на присоединение без дополнительных работ. В то же время, внесение в СППР информации о некоторой степени износа инфраструктуры сети, исключающей присоединение новых потребителей к подстанции, делает невозможной ситуацию, когда для одной конкретной заявки возможность присоединения все же изыскивается. •

4. Особенности внедрения многоканального механизма

Многоканальный механизм управления предполагает следующий регламент функционирования.

Этап 1. Базовые исходные данные (не привязанные к конкретной задаче принятия решения) вводятся во внедряемую СППР на основе имеющейся (возможно, искаженной) информации. Так, для решения задачи планирования товарных потоков к таким базовым исходным данным относится список узлов транспортной сети, а также оценки пропускной способности и транспортных расходов по дугам сети.

Этап 2. По мере того, как становятся известными исходные данные для принятия конкретного решения (например, для планирования товарных потоков на тот или иной временной период: заявки потенциальных потребителей, планы производства и мощности производителей), Оператор (основной канал) или специально сформированная для этой цели служба

обязаны вводить эти исходные данные в СППР. При этом информация, возможно, является неполной или недостоверной.

Этап 3. На основе введенных данных СППР выдает рекомендации по принятию решения, будь то план товарных потоков (продаж, транспортировки, производства, закупок), вариант технологического присоединения к сети или предлагаемый режим функционирования технологической установки.

Этап 4. Оператор предлагает свой вариант решения. При этом он может не следовать выдаваемым СППР рекомендациям. Однако если принимаемое им решение отличается от решения, принимаемого автоматизированной системой, оператор должен объяснить свою позицию. Если решения оператора и СППР совпадают, это решение принимается и процесс завершается.

Этап 5. В противном случае недостающие ограничения добавляются в СППР (в действительности именно эта информация и была необходима для уточнения модели, для того, чтобы СППР в реальности заработала, давая осмысленные рекомендации). После ее внесения в систему СППР будет выдавать решение уже с учетом нового ограничения. Процесс возвращается на этап 3, и оператор может или озвучить новые ограничения, или изменить свое решение на этапе 4.

Проверки на этапе 4 производятся специально создаваемой службой аудита. На первых порах, когда расхождения между оператором и СППР будут правилом, а не исключением, проверкам подлежат лишь самые «дорогие» решения оператора. Затем, по мере уточнения информации в системе, множество аудируемых расхождений можно расширять. С этой точки зрения СППР представляет собой предварительный фильтр, отсеивающий «нормальные» случаи. Без такого фильтра аудит теряет адресность и зачастую становится экономически невыгодным.

При наличии же модели и СППР следующие простые правила позволяют определить кандидатов на проверку:

1. Подозрительны решения, не совпадающие с рекомендацией СППР.
2. Вдвойне подозрительны решения, для обоснования которых пришлось изменить модель.
3. Втройне подозрительно, если обоснование одного решения потребовало нескольких итераций изменения модели.
4. Совсем странно, если обоснование решения потребовало снятия ранее наложенных ограничений.

Наконец, отметим, что, в отличие от классической схемы применения многоканальных механизмов, новая схема не предполагает стимулирования оператора за превышение норматива качества, вычисляемого на базе решения СППР. Такие премии будут только мешать выявлению информации, создавая стимулы для ее искажения.

Предлагаемая схема использования многоканального механизма управления была опробована в ходе внедрения автоматизированной системы планирования материальных потоков крупной нефтегазовой компании, но представляется, что она могла бы быть полезной и во многих других областях – от ответственных процессных производств до коммунальных служб.

5. Заключение

Итак, в статье предлагается использовать идею многоканальных механизмов управления для решения новой задачи – выявления информации, необходимой для эффективного применения СППР при принятии производственно-технических решений. Операторы основного канала вынуждены сообщать исходные данные для автоматизированного принятия решений, чтобы обосновать нужное им решение.

Однако остается теоретическая проблема – можно ли (и в каких ситуациях) так исказить исходные данные для СППР, чтобы она выдала в качестве оптимального тот результат, который нужен в данный момент оператору. Некоторые шаги в направлении теоретического решения этой проблемы в контексте теоретико-игровых моделей информационного управления предприняты в первой главе [10], где обсуждается стабильность информационного равновесия в условиях неадекватной информированности заинтересованных сторон. Общий вывод таков – чем больше (потенциально недостоверной) информации находится в распоряжении каждой стороны, тем сложнее обеспечить совпадение решений, принимаемых на основе этой информации.

Таким образом, сложность реальных технологических процессов и объемность используемых в СППР моделей служит гарантом того, что случайное совпадение решений, принимаемых на основе различной информации, невозможно, и потому сообщаемая оператором информация вынужденно будет достоверной.

На практике хорошим сигналом о возможном манипулировании информацией является частая корректировка оператором параметров модели объекта управления в СППР, что и учтено выше в правилах отбора решений для аудита.

Литература

1. *Механизмы управления: Учебное пособие* / Под ред. Д.А. Новикова. М: ЛЕНАНД, 2011.
2. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. М.: Наука, 1989.
3. Босс В. *Лекции по математике. Анализ*. М: Едиториал УРСС, 2004.
4. Авдеев В.П., Бурков В.Н., Еналеев А.К., Киселева Т.В. *Многоканальные организационные механизмы*. М.: ИПУ РАН. 1986.

5. Tekla Solutions для управления инфраструктурой и распределения энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tekla.com/ru/solutions/infrastructure-energy/>
6. e-Net/Технологическое подключение потребителей // ООО «Альфа Технология»: сайт. – URL: <http://alphatech.ru/content.jsp?topic=189> (дата обращения 03.02.2012).
7. Губко М.В. Модель формирования бизнес-схем в транснациональных корпорациях // Системы управления и информационные технологии, 2003, 1-2(12), С. 44–48.
8. Glover F., Klingman D., Phillips N.V. Network models in optimization and their applications in practice. Ann Arbor: John Wiley & Sons, 1992.
9. Oracle Strategic Network Optimization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oracle.com/us/products/applications/ebusiness/scm/051325.html>.
10. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Прикладные модели информационного управления*. М.: ИПУ РАН, 2004.