

УДК 519.254 + 004.93'14  
ББК 3.32.965.32.965.9

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ МЕТОДАМИ ЭКСПЕРТНО- КЛАССИФИКАЦИОННОГО АНАЛИЗА<sup>1</sup>

Гольдовская М. Д.<sup>2</sup>, Дорофеюк Ю. А.<sup>3</sup>,  
Чернявский А. Л.<sup>4</sup>

(ФГБУН Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

*В статье рассматривается общий подход к решению задачи оценки состояния и эффективности управления социально-экономическими системами, использующий человеко-машинные алгоритмы структуризации сложных данных, а также два примера применения этого подхода.*

Ключевые слова: экспертно-классификационный анализ, экстремальная группировка параметров, автоматическая классификация многомерных объектов.

### 1. Введение

При управлении социально-экономическими системами, представляющими собой совокупность более или менее однотипных объектов (регионов, предприятий и т.п.), одной из ос-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 10-07-00210, 11-07-00735.

<sup>2</sup> Марина Дмитриевна Гольдовская, научный сотрудник (mdgold54@mail.ru).

<sup>3</sup> Юлия Александровна Дорофеюк, кандидат технических наук, старший научный сотрудник (dorofeyuk\_julia@mail.ru).

<sup>4</sup> Александр Леонидович Чернявский, кандидат технических наук, старший научный сотрудник (achern@ipu.ru).

новых задач является сравнительная оценка состояния этих объектов, динамики их развития и эффективности управления ими. Трудность решения этой задачи связана с несколькими обстоятельствами.

1. Очень часто состояние исследуемого объекта характеризуется большим количеством показателей (несколько десятков или даже сотен). Задача сравнения объектов в таком многомерном пространстве показателей является чрезвычайно трудной и не решена полностью до сих пор.

2. Попытки сократить количество этих показателей, выделив с помощью экспертов «наиболее важные» из них, обычно не приводят к успеху. У экспертов, как правило, нет критериев для упорядочения показателей по степени важности.

3. Но даже если экспертам это удаётся или если число показателей изначально невелико, неясно, как интегрировать эти показатели в оценку, которая была бы достаточно наглядной (например, позволяла бы ранжировать объекты по уровню их социально-экономического развития или экономической эффективности). Трудности построения интегрированной оценки усугубляются тем, что при сравнении объектов необходимо учитывать не только значения показателей на текущий момент, но и их динамику (обычно за несколько лет).

4. При оценке эффективности управления желательно учитывать не только конечные результаты (выходные, или результирующие, показатели), но и те объективные (не зависящие от системы управления) условия работы объектов (входные показатели), при которых эти результаты были достигнуты. Однако учёт не только выходных, но и входных показателей ещё более затрудняет построение интегрированной оценки эффективности.

В статье рассматривается общий подход к решению такого рода задач, использующий человеко-машинные процедуры структуризации данных, и приводится два примера применения этого подхода для решения прикладных задач.

## **2. Экспертно-классификационные методы анализа социально-экономических систем управления**

Для построения оценки состояния и эффективности управления социально-экономическими объектами предлагается использовать методы классификационного анализа сложноорганизованных данных [1]. Эти методы являются человеко-машинными: на всех этапах работы результаты компьютерного анализа данных анализируются и оцениваются экспертами и по результатам экспертного анализа выбирается дальнейшее направление компьютерного анализа. С использованием этих методов осуществляются:

- структуризация исходного набора показателей с целью формирования относительно небольшого набора информативных параметров;
- структуризация исходного множества объектов, для чего необходимо выделить в пространстве выбранных информативных показателей области близко расположенных объектов;
- анализ динамических свойств исследуемой системы, например, типология траекторий объектов в пространстве показателей, выявление зависимостей между показателями с учётом временного сдвига и т.д.

Для структуризации исходного набора показателей, а также исходного множества объектов, был использован алгоритм *m*-локальной оптимизации [5]. Для обеспечения целостного представления механизмов отбора показателей и структуризации параметров опишем основную идею данного алгоритма.

### **2.1. АЛГОРИТМ М-ЛОКАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

Вначале рассмотрим *алгоритм 1-локальной оптимизации*. Пусть задано некоторое начальное разбиение  $R_0$  точек классифицируемой выборки  $x_1, \dots, x_n$ . Алгоритм итерационный, на каждом шаге рассматривается одна точка из «зацикленной» исходной последовательности  $x_1, \dots, x_n, \dots, x_1, \dots, x_n, \dots$ . На каждом шаге текущая точка  $x_j$  относится к тому классу, значение критерия  $J$  качества классификации для которого будет больше

(если эти значения равны, то точка относится к классу с меньшим номером):

$$x_j \in A_l : A_l = \arg \max_{A_i} J(x_j \in A_i), i = 1, \dots, r, j = 1, \dots, n, 1, \dots, n \dots$$

Алгоритм заканчивает работу, если на некотором цикле среди точек  $x_1, \dots, x_n$  не будет сделано ни одной «переброски» точки из класса в класс.

*Алгоритм т-локальной оптимизации* – это поэтапное применение к исходной выборке процедуры  $s$ -локальной оптимизации,  $s = 1, \dots, t$ . На  $s$ -м этапе на каждом шаге происходит пробная «переброска» из класса в класс множества  $s$  точек  $X_j^s$ , где  $j$  – номер набора из  $s$  точек. Подсчитывается значение критерия  $J$  до и после «переброски». Принадлежность каждой из  $s$  точек к классу остаётся неизменной ( $J$  до «переброски» больше, чем после), или меняется на другой класс в противном случае:

$$X_j^s \in A_l : A_l = \arg \max_{A_i} J(X_j^s \in A_i), i = 1, \dots, r, j = 1, \dots, N,$$

где  $N$  – число различных наборов из  $s$  точек в исходной выборке. Доказана теорема о сходимости этого алгоритма за конечное число шагов к локальному максимуму критерия  $J$  [5]. Разработан эвристический алгоритм сокращённого перебора, который на каждом шаге для пробной «переброски» использует точки в определённом смысле ближайšie к границе между классами.

В приложениях в качестве критерия  $J$  использовался функционал  $J_1$  средней близости точек в классах, определяемый через потенциальную функцию близости точек  $x$  и  $y$  [3]:

$$(1) \quad K(x, y) = \frac{1}{1 + \alpha R^p(x, y)},$$

где  $\alpha$  и  $p$  – настраиваемые параметры алгоритма. Средняя близость точек в классе определяется как

$$(2) \quad K(A_i, A_i) = \frac{2}{n_i(n_i - 1)} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j>i} K(x_i, x_j),$$

где  $K(x_i, x_j)$  определяется формулой (1);  $n_i$  – число точек в классе  $A_i$ . Тогда критерий  $J_1$  определяется формулой

$$(3) \quad J_1 = \sum_{i=1}^r \frac{n_i}{n} K(A_i, A_i).$$

## 2.2. СТРУКТУРИЗАЦИЯ НАБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Цель структуризации исходных показателей – сократить количество показателей с минимальной потерей информации, заменив исходный набор показателей существенно меньшим набором так называемых «информативных» параметров. Структуризацию предлагается проводить с помощью алгоритма  $m$ -локальной оптимизации одного из критериев, используемых в задаче экстремальной группировки параметров [3], при этом необходимо выбрать число групп. Для этой цели используются специальные экспертные процедуры. В результате определяются группы параметров и факторы (интегральные характеристики групп), каждый из которых является линейной комбинацией показателей из соответствующей группы и, в определённом смысле, её эталоном (например, центром).

### 2.2.1. ПРОЦЕДУРА ГРУППИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ

Формальная постановка задачи группировки параметров подразумевает определение множества параметров, подлежащих группировке, и критерия качества группировки [1].

Группируемое множество параметров – это конечный набор параметров  $\{x^{(1)}, \dots, x^{(k)}\}$ , полученный из исходного набора после нормировки дисперсии каждого параметра на 1. Здесь  $x_j^{(i)}$ ,  $i = 1, \dots, k$ ,  $j = 1, \dots, n$ , определены как реализации случайной величины  $x^{(i)}$  на множестве исследуемых объектов. Для формулировки критерия качества группировки необходимо ввести меру близости между параметрами (случайными величинами)  $x$  и  $y$ . В качестве такой меры используется коэффициент ковариации (совпадающий с коэффициентом корреляции для нормированных параметров  $x$  и  $y$ ), который обозначим через  $\text{cov}_{x,y} = (x, y)$ , понимая его как скалярное произведение случайных величин  $x$  и  $y$ . Для дисперсии  $\text{cov}_{x,x}$  случайной величины  $x$  используется обозначение  $\text{cov}_{x,y} = (x, x) = x^2$ . Критерий качества группировки используется в виде следующего функционала:

$$(4) \quad J_2 = \sum_{j=1}^s \sum_{\substack{x^{(i)}, x^{(l)} \in A_j \\ x^{(i)} \neq x^{(l)}}} \text{cov}_{x^{(i)}, x^{(l)}}^2 = \sum_{j=1}^s \sum_{\substack{x^{(i)}, x^{(l)} \in A_j \\ x^{(i)} \neq x^{(l)}}} (x^{(i)}, x^{(l)})^2,$$

где  $s$  – число групп. Максимизация функционала (4) соответствует интуитивному представлению о «хорошем» разбиении параметров, – когда в одну и ту же группу попадают наиболее близкие (в определённом выше смысле) параметры. В этом смысле функционал (4) полностью аналогичен функционалу (1).

Для многих прикладных задач важно знать интегральные характеристики (эталон) полученных групп. Для группировки параметров такого типа эталоном (фактором)  $f_j$  для  $j$ -й группы является «среднее» нормированных параметров, попавших в эту группу, при этом  $f_j^2 = 1, j = 1, \dots, s$ . Факторы некоторой группировки на  $s$  групп  $A_1, A_2, \dots, A_s$  определяются соотношением

$$(5) \quad f_j = \arg \max_f \sum_{x^{(i)} \in A_j} (x^{(i)}, f)^2, \quad f^2 = 1.$$

При решении прикладных задач критерий качества группировки (4) иногда удобнее представить в эквивалентном виде:

$$(6) \quad J^* = \sum_{j=1}^s \sum_{x^{(i)} \in A_j} (x^{(i)}, f_j)^2,$$

т.е. задача группировки набора  $k$  параметров на заданное число групп  $s$  состоит в максимизации функционала (6) как по разбиению параметров на группы  $A_j$ , так и по выбору факторов  $f_j, j = 1, \dots, s, f_j^2 = 1$ , определяемых из соотношения (5) при фиксированной группировке. Для одновременного определения групп  $A_1, A_2, \dots, A_s$  и факторов  $f_1, f_2, \dots, f_s$ , удовлетворяющих максимизации критерия (6), используется описанный выше алгоритм  $m$ -локальной оптимизации [5].

### 2.2.2. ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

На базе результатов структуризации показателей выбираются информативные показатели для исследуемой системы. В качестве таковых берутся либо сами факторы (интегральные показатели), либо исходные показатели, ближайšie к этим факторам. Основное условие – отобранные информативные

параметры должны быть легко интерпретируемы. Поэтому при выборе информативных показателей активно участвуют эксперты, которые в частности определяют, насколько полно отобранные информативные параметры описывают исследуемую систему (по сравнению с набором исходных показателей).

Другим важным аспектом выбора набора информативных показателей является проблема выбора такого числа групп, которое в определенном смысле наилучшим образом описывающих исследуемую систему. Для решения этой проблемы в работе используется специальная человеко-машинная процедура – алгоритм выбора «оптимального» числа групп в составе комплексного алгоритма автоматической классификации [4], включающий процедуру экспертной коррекции.

Таким образом, основным критерием, определяющим полноту (достаточность) отобранных показателей для оценки состояния исследуемой системы, является согласованная экспертная оценка.

### 2.2.3. СТРУКТУРИЗАЦИЯ МНОЖЕСТВА ОБЪЕКТОВ

Выявление структуры объектов производится в пространстве информативных показателей  $X$ . Для этой цели используются алгоритмы автоматической классификации [1–4], применение которых подразумевает выбор:

- вида критерия качества;
- классификации с фоновым классом или без него, т.е. отбрасываются ли «далёкие» (шумящие) объекты;
- типа размытости: четкая, размытая, с размытыми границами, четкая с размытым фоном, размытая с четким фоном и др. типы классификаций.

Результатом классификации является вектор функций принадлежности объектов к классам  $H(x) = (h_1(x), \dots, h_r(x))$ ,  $x \in X$ , и описание самих классов (например, эталонов) [1]. Для того чтобы результаты классификации можно было использовать в практических задачах, важно не только то, насколько экономно она представляет исходную информацию, но и насколько эта классификация удобна для интерпретации в содержательных

терминах. В этой связи в приложениях часто используются экспертно-классификационные алгоритмы построения так называемых «хорошо интерпретируемых классификаций» [7].

#### 2.2.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИССЛЕДУЕМОЙ СИСТЕМЫ

При исследовании социально-экономических систем часто возникает проблема анализа многопараметрической информации, изменяющейся во времени. Непосредственное использование классических методов кластерного анализа в такой ситуации весьма проблематично. В [2] предложена общая постановка задачи динамического структурного анализа (ДСА) данных различной природы, когда каждый объект характеризуется траекторией – набором значений каждого показателя для последовательности моментов времени. Там же предложен соответствующий алгоритм ДСА, показано, что оптимальную классификацию можно искать в узком классе так называемых эталонных классификаций, которая определяется градиентом исходного функционала (критерия качества). В ДСА предлагается классифицировать конечное множество объектов, изменяющихся во времени. Пусть в каждый момент времени объекты описываются некоторым фиксированным набором показателей  $x^{(1)}, \dots, x^{(k)}$ . Считается, что для каждого объекта последовательно измеряется  $m$  значений каждого из показателей в соответствующие моменты времени, т.е. каждый объект характеризуется траекторией – последовательностью  $m$  векторов  $x_1, \dots, x_m$  в  $k$ -мерном пространстве показателей, которая обозначается через  $\tilde{x} = (x_1, \dots, x_m)$ . Таким образом, необходимо классифицировать множество  $X = \{\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n\}$  ( $X \subseteq R^{k \cdot m}$ ). Заметим, что важной особенностью такого подхода является то, что моменты времени, в которые измерены значения показателей, могут быть разными у разных объектов.

Для ДСА критерий качества структуризации строится в соответствии с методом обобщённого среднего [1]. Алгоритм ДСА – это итерационный размытый алгоритм с фоновым классом, экстремизирующий выбранный вариант критерия качества [6],



он является частным случаем общего алгоритма классификационного анализа [1].

Результаты работы алгоритмов автоматической классификации зависят от выбора значений свободных параметров, начальных условий и числа классов. Поэтому на практике обычно выполняется множество классификаций при разных значениях этих величин. Эксперты управляют процессом, рекомендуя, в зависимости от получаемых результатов, увеличить или уменьшить число классов и оценивая качество получаемых классификаций с содержательной точки зрения.

### **3. Оценка социально-экономического развития регионов РФ**

#### **3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИХ АНАЛИЗА**

В качестве исходных данных для анализа социально-экономического развития регионов использовались характеристики регионов России по 47 показателям. Это множество показателей естественно разбивается на шесть классов: доходы населения (13 показателей); расходы и сбережения (14 показателей); потребление продуктов питания (8 показателей); демографические характеристики (4 показателя); характеристики социальной напряженности (6 показателей); объем финансовой помощи из межрегиональных фондов (2 показателя). Проведя группировку исходных показателей для каждого из шести упомянутых выше классов, получаем набор интегральных показателей, характеризующих уровень социально-экономического развития региона. Для удобства использования полученных интегральных показателей по каждому из них была построена одномерная классификация объектов. Благодаря этому интегральный показатель легко преобразуется в параметр, измеряемый в качественной шкале (например, в случае трех классов его значения можно характеризовать в таких терминах, как «низкие», «средние» и «высокие»). Для этой цели в работе используется алгоритм одномерной  $m$ -локальной оптимизации, разработанный в [5]. Всем регионам, попавшим в один класс,

присваивается соответствующий рейтинг по этому показателю (равный номеру класса). В качестве оценки социально-экономического развития региона принимается набор рейтингов по интегральным показателям.

Алгоритмы автоматической классификации требуют задания числа классов, которое выбиралось из следующих соображений: оно должно быть, с одной стороны, не очень большим (чтобы рейтинги были обозримыми), а с другой – не очень маленьким (чтобы выявить структуру объектов в пространстве показателей). Чтобы удовлетворить этим требованиям, вначале по каждому показателю строилась классификация на семь классов, после чего проверялось, нельзя ли уменьшить число классов без потери полезной информации. Например, по показателю среднедушевого дохода Москва 2009 и 2010 годов и Москва 2008 года разделились на два класса – из-за того, что прирост этого показателя по Москве больше, чем различия среднедушевых доходов большинства остальных регионов. Поскольку разделять Москву на два класса не имеет смысла, соответствующие классы можно объединить и уменьшить число классов при классификации по этому показателю до шести. Аналогично приводился анализ по другим показателям.

### 3.2. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Рассмотрим, в качестве примера, результаты группировки показателей доходов населения (таблица 1).

Таблица 1. Результаты группировки показателей доходов населения

Показатели	№ фактора	Факторные нагрузки	
		Фактор 1	Фактор 2
Среднедушевой доход	1	<b>0,97</b>	-0,30
Доля пенсий в соц. выплатах	1	<b>-0,84</b>	0,08
Доля страховок в соц. выплатах	1	<b>0,79</b>	-0,03
Среднемесячная заработная плата	1	<b>0,74</b>	-0,63

Показатели	№ фак- тора	Факторные нагрузки	
		Фактор 1	Фактор 2
Доля социальных выплат	1	<b>-0,61</b>	0,08
Доля доходов от собственности	1	<b>0,59</b>	-0,13
Доля пособий в соц. выплатах	1	0,20	-0,15
Доля оплаты труда	2	-0,20	<b>0,91</b>
Доля доходов от предпринимательской деятельности	2	0,28	<b>-0,82</b>
Средний размер пенсии (по УСЗН)	2	-0,44	<b>0,73</b>
Доля прочих доходов	2	-0,15	<b>-0,61</b>
Доля прочих соц. выплат	2	0,08	<b>-0,47</b>
Доля стипендий в соц. выплатах	2	0,09	-0,24

Были сформированы два фактора (жирным шрифтом отмечены коэффициенты корреляции показателя с фактором, имеющие достаточно высокие значения). Первый из этих факторов характеризует величину среднедушевого дохода. Наибольшие коэффициенты корреляции с этим фактором имеют 4 показателя, однако, поскольку показатель «Среднедушевой доход» имеет очень высокий коэффициент корреляции с этим фактором (0,97), то именно он используется в качестве основного показателя для оценки среднедушевого дохода. Второй фактор характеризует структуру среднедушевого дохода, т.е. удельный вес разных его составляющих. Наибольшие коэффициенты корреляции с этим фактором имеют 3 показателя, из них показатель «Доля оплаты труда» имеет самый высокий коэффициент корреляции с фактором (0,91), поэтому он используется в качестве информативного показателя структуры среднедушевого дохода.

При проведении группировки остальных исходных показателей группы с относительно небольшим количеством показателей объединялись. В итоге из 47 исходных показателей для последующей классификации и формирования рейтинга регионов были сформированы шесть интегральных показателей: среднедушевой доход, доля оплаты труда в среднедушевом

доходе, превышение доходов над расходами, число пенсионеров на 1000 чел. населения, уровень безработицы, общий объем финансовой помощи (ОФП) на душу населения. В качестве примера в таблице 2 приведены результаты классификации по основным показателям для двух регионов (данные за 3 года).

Классы занумерованы так, что «лучшие» по данному показателю регионы находятся в первом классе, «худшие» – в последнем. Таким образом, номер класса является рейтингом объекта (т.е. рейтингом региона в данном году). Пользуясь результатами классификации, можно дать качественную характеристику изменений социально-экономической ситуации в регионах за период 2008–2010 гг.

Подсчитаем по каждому показателю количество регионов, изменивших свой рейтинг в 2010 г. по сравнению с 2008 г. (по показателю ОФП – по сравнению с 2009 годом). Результаты приведены в таблице 3. Видно, что наибольшие изменения в лучшую сторону имеют место по показателям «Среднедушевой доход» (рейтинг повысился у 63% регионов), «Доля оплаты труда в среднедушевом доходе» (рейтинг повысился у 54% регионов, причем в шести регионах – на 2 позиции) и «Уровень безработицы» (рейтинг повысился в 66% регионов, причем в шести – на 2 и в двух – на 3 позиции).

Таблица 2. Результаты классификации регионов, данные за 3 года

№	Регионы	год	Доход	Оплата труда	Превышение	Пенсионеры	Безработица	ОФП
1	Белгородская область	2008	6	4	4	1	1	
1	Белгородская область	2009	5	4	4	1	1	7
1	Белгородская область	2010	5	3	4	1	2	7

№	Регионы	год	Доход	Оплата труда	Превышение	Пенсионеры	Безработица	ООФП
19	Республика Карелия	2008	4	3	3	2	3	
19	Республика Карелия	2009	4	3	3	2	2	7
19	Республика Карелия	2010	4	3	3	2	2	6

Таблица 3. Динамика рейтингов регионов по базовым показателям

Показатели	Изменение рейтинга за 2 г. (число регионов)			
	+2	+1	0	-1
Среднедушевой доход	2	48	29	–
Доля оплаты труда в среднедуш. доходе	6	37	33	3
Превышение доходов над расходами	–	6	55	18
Число пенсионеров/1000 чел. населения	–	9	70	–
Уровень безработицы	8	44	24	3
Общий объем финансовой помощи	–	31	48	2

#### 4. Оценка эффективности управления АТП

**Исходные данные.** В качестве исходных данных использовались показатели работы 40 автотранспортных предприятий (АТП) ГУП «Мострансавто», выполняющих основной объем пассажирских автоперевозок в Московской области.

Массив исходной информации содержал значения 43 показателей (25 первичных и 18 расчётных) работы АТП за 4 года. Чтобы исключить влияние размера предприятия, анализ проводился в удельных показателях (на один час работы автобуса). Чтобы исключить влияние инфляции, все стоимостные показатели были пересчитаны в сопоставимых ценах.

В соответствии с действующей системой учёта все перевозки были разделены на четыре вида – перевозки маршрутными

такси, городские, пригородные и междугородные перевозки. Исходные показатели имеются не только в разрезе АТП в целом, но и по каждому виду перевозок.

Пассажирские АТП по ряду причин являются убыточными. В этих условиях об эффективности работы предприятия можно судить по динамике дохода предприятия, т.е. годовому приросту дохода на один час работы автобуса (сокращённо «прирост часового дохода», ПЧД). Однако показатель ПЧД сам по себе ещё не может служить оценкой эффективности работы предприятия, поскольку прирост часового дохода может достигаться как за счет увеличения числа перевезенных пассажиров, так и за счет сокращения авточасов (т.е. прекращения или сокращения перевозок на мало доходных маршрутах). В совокупности же два показателя – ПЧД и сокращение авточасов – достаточно полно характеризуют эффективность работы автотранспортного предприятия с точки зрения увеличения доходов.

Задача состоит в выявлении факторов, влияющих на показатели эффективности АТП, а также в выяснении возможности воздействовать на эти факторы для изменения их в нужном направлении. С этой целью строились классификации АТП по показателям дохода и по показателям, характеризующим структуру дохода (доли дохода от разных видов перевозок в общем доходе предприятия).

**Результаты анализа.** Вначале с помощью одного из алгоритмов построения «хорошо интерпретируемых» классификаций [7] была получена двумерная классификация предприятий по показателям «сокращение авточасов» и ПЧД с тремя диапазонами значений каждого показателя («высокие», «средние» и «низкие» значения). Разброс значений показателей оказался достаточно большим. Было выделено 12 лучших АТП – с наибольшим реальным приростом часового дохода и наименьшим сокращением авточасов. Эти предприятия имеют ПЧД от 15 до 64% и сокращение авточасов от –2% (увеличение на 2%) до 10%. Было выделено также 8 худших АТП, которые имеют ПЧД от –17 до –99% и сокращение авточасов от 26 до 51%.

Для объяснения столь больших различий в показателях эффективности работы АТП экспертами было сделано предположение, что лучшие и худшие предприятия отличаются не только показателями эффективности, но и другими показателями, от которых, возможно, и зависит эффективность (например, размерами; доходами от разных видов перевозок; количеством автобусов, занятых в этих перевозках и т.п.). Чтобы проверить сделанное предположение, был проведен сравнительный анализ значений средних и стандартных отклонений всех 25 первичных показателей для лучших и худших АТП.

Оказалось, что по большинству показателей статистически значимых различий между лучшими и худшими предприятиями не наблюдается, за исключением показателя, характеризующего долю дохода от междугородных перевозок в общем доходе предприятия. Но и разбросом по этому показателю нельзя было объяснить столь большие различия в показателях эффективности. Тогда было сделано дополнительное предположение, что фактором, влияющим на показатели эффективности предприятия, может быть сложившаяся структура дохода (или структура перевозок, далее эти понятия используются как синонимы). Для проверки этого предположения была построена классификация АТП по структуре дохода, т.е. в четырехмерном пространстве показателей «доли дохода от каждого вида перевозок в суммарном доходе предприятия». При этом каждое АТП за каждый год считалось независимым объектом. Таким образом, классифицировалось  $40 \times 4 = 160$  объекта. С помощью того же алгоритма построения «хорошо интерпретируемых» классификаций [7] была построена классификация на 19 классов. Следует подчеркнуть, что при построении такой классификации число классов, а также границы диапазонов низких, средних и высоких значений показателей определяются автоматически. Каждый класс характеризовался четырёхпозиционным буквенным кодом, позиции которого соответствуют видам перевозок. В каждой позиции может стоять одна из трех букв: Н (низкая доля в суммарном доходе), С (средняя доля) или В (высокая доля).

Рассмотрим результаты построенной классификации с точки зрения влияния структуры дохода на показатели эффективности. Восемь из 12 лучших предприятий находятся в классах 7 (его описание – НСНС<sup>1</sup>) и 10 (его описание – ННСС). В трех классах преобладают средние предприятия. Структура перевозок в классах 7 и 10 имеет следующие особенности:

1) уровень развития междугородных перевозок не ниже среднего (не менее 0,14);

2) уровень развития не ниже среднего имеет по крайней мере еще один вид перевозок, кроме междугородных: городские (в классе 7) – 0,19 от суммарного дохода или пригородные (в классе 10) – 0,54 от суммарного дохода.

Что касается важности междугородных перевозок для повышения эффективности, полученные результаты согласуются с описанными выше результатами корреляционного анализа. Вместе с тем они дают дополнительную информацию: для получения высоких показателей эффективности одного только развития междугородных перевозок недостаточно, оно должно быть подкреплено развитием ещё хоть одного вида перевозок.

Для удобства структуру перевозок, характерную для классов 7, 10, условно будем называть «оптимальной». При детальном анализе оказалось, что из 12 лучших предприятий 11 имеют «оптимальную» структуру перевозок: междугородные перевозки на уровне не ниже среднего и, в дополнение к этому, по крайней мере еще один вид перевозок на уровне не ниже среднего. Таким образом, структура перевозок оказывает влияние на эффективность АТП. Однако это влияние не является определяющим. Во многих классах присутствуют как лучшие, так и худшие предприятия, причем с очень близкими (даже в пределах своего класса) характеристиками структуры перевозок. Другими словами, оптимальная структура перевозок не столько обеспечивает

---

<sup>1</sup> Доля дохода от перевозок маршрутными такси низкая, от городских перевозок – средняя, от пригородных – низкая, от междугородных – средняя.



эффективную работу АТП, сколько создаёт для неё благоприятные возможности. Однако эти возможности необходимо уметь реализовать. Таким образом, возникает проблема управляемости: в какой степени АТП и их вышестоящая организация ГУП «Мострансавто» могут влиять: 1) на показатели эффективности в рамках существующей структуры перевозок и 2) на саму структуру перевозок.

Рассмотрим вначале вопрос о возможности управления самой структурой перевозок. Среди специалистов пассажирского автотранспорта широко распространено мнение, что структура перевозок и получаемый предприятием доход определяются структурой пассажиропотока и от предприятия практически не зависят [6]. Для проверки справедливости этого рассмотрим, как изменились структуры перевозок предприятий за 4 года. Будем говорить, что АТП улучшило структуру перевозок, если в первый год она не была оптимальной, а в последующие годы стала таковой. И наоборот, если в первый год структура перевозок АТП была оптимальной, а в четвёртый год уже перестала быть таковой, будем говорить, что его структура перевозок ухудшилась.

Три из двенадцати лучших АТП на протяжении всех четырёх лет сохраняли оптимальную структуру перевозок. Ещё девять АТП улучшили свою структуру, причём пять из них вошли в число лучших предприятий. Однако остальным четырём АТП одного только улучшения структуры оказалось недостаточным. Причина этого состоит в том, что разные АТП улучшают структуру перевозок по-разному: одни преимущественно за счёт развития перспективного вида перевозок, другие – за счёт сокращения неперспективных. Ухудшили же структуру перевозок всего три АТП.

Анализ классификации показал, что качественное изменение структуры перевозок требует времени: за четырёхлетний период структура перевозок изменилась у 32 предприятий из 40, а за последний год – только у 14.

Таким образом, результаты анализа свидетельствуют о том, что АТП имеют возможность изменять структуру перевозок как

за счёт развития перспективных видов перевозок, так и за счёт сокращения неперспективных.

Кроме того, как структура перевозок (долевое распределение доходов от разных видов перевозок), так и абсолютные величины этих доходов в сильной степени зависят от эффективности руководства предприятием, а значит, обладают достаточно высокой степенью управляемости. Следовательно, по динамике этих показателей можно судить об эффективности работы топ-менеджмента АТП.

### Литература

1. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных* // Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. – С. 62–67.
2. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А., ДОРОФЕЮК Ю.А. *Методы динамического структурного анализа многомерных объектов* // Четвертая международная конференция по проблемам управления (МКПУ-IV): Сборник трудов. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 338–343.
3. БРАВЕРМАН Э.М., МУЧНИК И.Б. *Структурные методы обработки эмпирических данных*. – М.: Наука, 1983. – 464 с.
4. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Структурно-классификационные методы анализа и прогнозирования в крупномасштабных системах управления* // Проблемы управления. – 2008. – №4. – С. 78–83.
5. КИСЕЛЕВА Н.Е., ДОРОФЕЮК А.А., ДОРОФЕЮК Ю.А. *Размытый алгоритм т-локальной оптимизации в задачах кластер-анализа объектов и группировки параметров* // Интеллектуализация обработки информации: 9-я международная конференция. Сборник докладов. – М.: Торус Пресс, 2012. – С. 118–121.
6. *Совершенствование организации и управления городского общественного пассажирского транспорта. Материалы*

*межрегионального совещания-семинара в г. Туле // Автомобильный транспорт. – 2005. – №8. – С. 4–6.*

7. ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л., ГОЛЬДОВСКАЯ М.Д., ДОРОФЕ-ЮК Ю.А. *Методы экспертизы в задаче построения хорошо интерпретируемых классификаций // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011): Материалы Пятой международной конференции. Том I. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 331–334.*

## **ASSESSMENT OF STATUS AND EFFICIENCY OF MANAGEMENT IN SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS WITH EXPERT-BASED CLASSIFICATION METHODS**

**Marina Goldovskaya**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, research assistant (mdgold54@mail.ru).

**Julia Dorofeyuk**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, PhD in technical sciences, senior research assistant (dorofeyuk\_julia@mail.ru).

**Alexandr Cherniavsky**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, PhD in technical sciences, senior research assistant (achern@ipu.ru).

*Abstract: We describe a general approach to solving the problem of assessing status and efficiency of management in socio-economic systems. The approach employs man-machine algorithms for complex data structuring. We also provide two examples of applications of our approach.*

**Keywords:** expert-based classification analysis, parameters optimal grouping, multidimensional automatic classification.

*Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии А. С. Манделем*