

ЭКСПЕРТНО-КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЖКХ МЕГАПОЛИСА МОСКВА ¹

© Мандель А.С., Дорофеев А.А., Чернявский А.Л., Лифшиц Д.В.

Институт проблем управления РАН,
Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65.

E-MAIL: *manfoon@ipu.ru*

ДЕПАРТАМЕНТ ЖКХиБ ПРАВИТЕЛЬСТВА Г.МОСКВЫ

Abstract. Application of automatic classification and expert-statistical processing techniques to the Moscow housing and communal services (HCS) effectiveness estimation and corresponding decision support system creation is discussed.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Москве практически отсутствует единая система оценки эффективности управления работами по содержанию жилищного фонда, территорий жилых кварталов и дорог и не осуществляется необходимый для её работы мониторинг соответствующих показателей. Это делает невозможным формирование объективных и комплексных оценок эффективности существующей системы управления жилищно-коммунальным хозяйством и благоустройством (ЖКХиБ) города и разработку научно-обоснованных мер по совершенствованию этой системы. С другой стороны, в системе ЖКХиБ задействованы огромные человеческие и финансовые ресурсы, поэтому несовершенство системы управления, в том числе оценки эффективности работы её основных звеньев, приводит к существенным потерям.

В докладе описано использование экспертно-классификационных [1] и экспертно-статистических [2] методов для разработки концепции, алгоритмов и процедур мониторинга и оценки эффективности управления работами по содержанию жилищно-коммунального хозяйства Москвы.

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ КОНЦЕПЦИИ

Основными компонентами концепции системы являются:

- формирование системы показателей, необходимых для оценки реальной эффективности основных уровней системы управления ЖКХ города, которые можно надёжно собирать с заданной периодичностью;
- разработка схемы мониторинга этих показателей, определение носителей информации, средств связи, аппаратно-программного комплекса хранения и выдачи информации потребителям,
- разработка критериев оценки эффективности основных уровней управления ЖКХ города на базе сформированной системы показателей;

¹Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ: гранты 08-07-00349-а, 08-07-00427-а, 06-08-00415-а.

- на базе полученных показателей и критериев создание модели и методики оценки эффективности системы управления ЖКХ города.

Концепция формировалась с использованием результатов структурно-классификационной экспертизы руководителей основных подразделений системы управления ЖКХ.

Как показало предварительное обследование, существующая система управления работами по содержанию жилищного фонда, территорий жилых кварталов и объектов внешнего благоустройства может быть описана стандартной моделью управления слабоформализованным динамическим объектом с обратной связью в условиях сильного влияния человеческого фактора. Блок-схема такой модели изображена на рис. 1.

Наибольшие трудности встретились при формировании показателей, необходимых для системы мониторинга реального состояния основных подразделений системы ЖКХ. Первый вопрос, который здесь возникает – для какого уровня системы ЖКХ необходимо и возможно собирать требуемую информацию. Для решения этой проблемы было проведено обследование и анализ действующей системы сбора информации в системе ЖКХ.

После проведения структурной экспертизы по этому вопросу, оказалось, что наиболее приемлемым с точки зрения баланса информативности (для оценки эффективности системы управления) и трудоёмкости сбора информации является уровень района.

К настоящему времени определён предварительный перечень показателей и источников их сбора. Всего в этом перечне находится около 60 первичных показателей, достаточно полно характеризующих эффективность работ по содержанию жилищного фонда, территорий жилых кварталов и дорог, в том числе в зимний период. Пример одного из первичных документов

2. ЭКСПЕРТНО-КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АГРЕГИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Выбор показателей эффективности и информативное агрегирование первичных показателей должно базироваться на апробированных методах статистического анализа и экспертизы (факторный анализ, автоматическая классификация, многовариантная экспертиза, экспертно-статистическое оценивание и т.п.). Воспользуемся для решения проблемы агрегирования первичных показателей методологией экстремальной группировки параметров и алгоритмами решения задач автоматической классификации сложноорганизованных данных [1, 3-6].

2.1. Методология экстремальной группировки параметров. Методология экстремальной группировки параметров предназначена для решения проблемы сокращения числа исходных (первичных) показателей функционирования сложной системы (каковой является система управления ЖКХ) с целью выделения относительно небольшого числа наиболее информативных, агрегированных показателей (факторов), которые могли бы быть предъявлены лицу, принимающему решения (ЛПР)

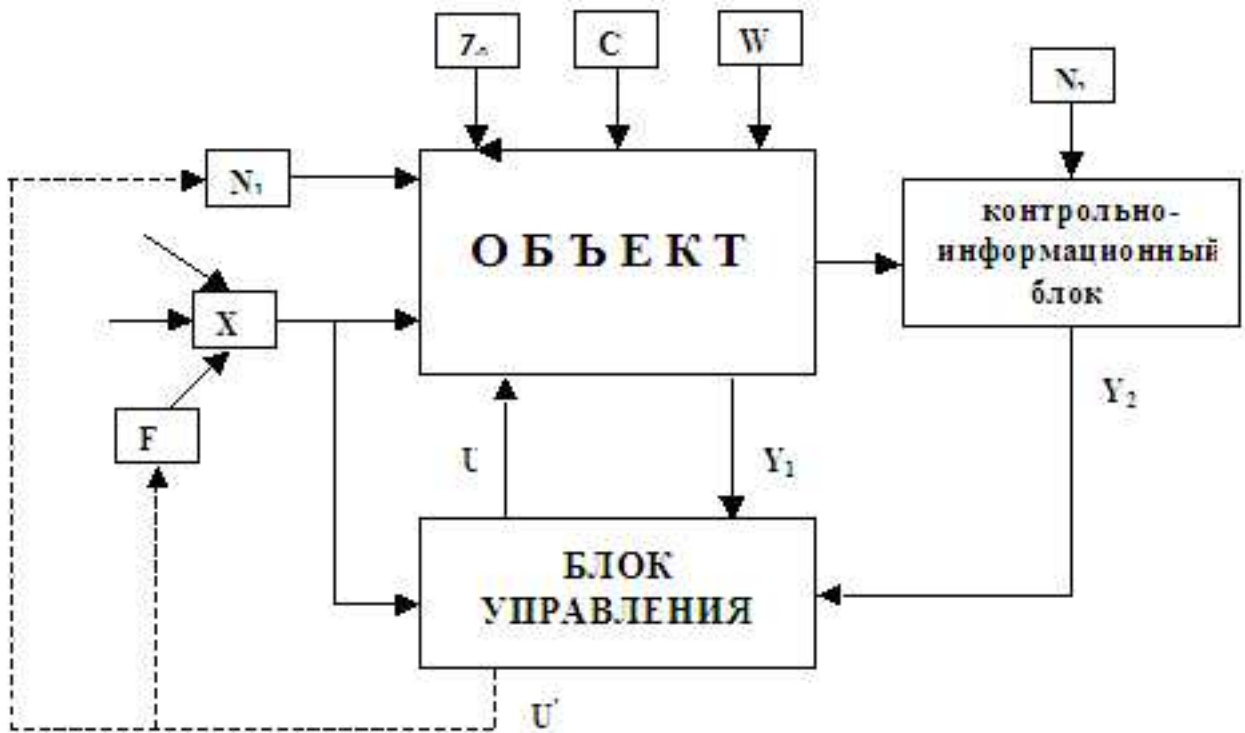


Рис. 1. Блок-схема модели управления ЖКХ на этапе обследования.

относительно эффективности используемых схем управления соответствующей системой. При этом выделяемые в результате группировки агрегированные показатели обладают тем свойством, что они содержат в себе всю существенную информацию о характере происходящих в системе процессов и могут быть охарактеризованы функциональными связями с собираемыми в результате мониторинга первичными показателями. Например, быть взвешенными суммами каких-то первичных показателей.

В такой постановке задачи первичные показатели становятся случайными величинами, отдельные значения которых (реализации) становятся известными после выполнения соответствующих актов мониторинга первичных показателей.

Будем в дальнейшем коэффициент корреляции (или ковариации) $\rho_{x,y}$ двух случайных величин x и y (первичных показателей) обозначать так: $\rho_{x,y} = (x, y)$, подчеркивая этим обозначением тот факт, что коэффициент корреляции может пониматься как скалярное произведение случайных величин x и y . Для дисперсии $\rho_{x,x}$ случайной величины x будем применять обозначение $\rho_{x,x} = (x, x) = x^2$.

Множество первичных показателей (случайных величин) x_1, x_2, \dots, x_k разбито на непересекающиеся группы A_1, A_2, \dots, A_s и заданы случайные величины f_1, f_2, \dots, f_s такие, что $f_1^2 = f_2^2 = \dots = f_s^2 = 1$, которые будем называть факторами. Введем в рассмотрение функционал

$$J^* = \sum_{x_i \in A_1} (x_i, f_1)^2 + \sum_{x_i \in A_2} (x_i, f_2)^2 + \dots + \sum_{x_i \in A_s} (x_i, f_s)^2 \quad (2.1)$$

Тогда задача экстремальной группировки показателей ставится как задача максимизации функционала (2.) как по разбиению показателей на множества A_1, A_2, \dots, A_s , так и по выбору случайных величин $f_1, f_2, \dots, f_s, f_l^2 = 1$ ($l = 1, \dots, s$).

Максимизация функционала (2.1) соответствует интуитивному требованию такого разбиения множества показателей, когда в одну группу попадают наиболее «близкие» между собой показатели. Действительно, при максимизации функционала (2.1) для каждого фиксированного набора случайных величин f_1, f_2, \dots, f_s в одну l -ю группу будут попадать такие показатели, которые наиболее «близки» к величине f_l ; в то же время среди всех возможных наборов случайных величин f_1, f_2, \dots, f_s будет отбираться такой набор, что каждая из величин f_l в среднем наиболее «близка» ко всем показателям из своей группы.

2.2. Методология автоматической классификации. Методология автоматической классификации предназначена для решения проблемы ранжирования различных объектов системы ЖКХ по каждому из выделенных на этапе экстремальной группировки первичных показателей информативных агрегированных показателей (факторов) функционирования системы управления ЖКХ.

Формальная постановка задачи автоматической классификации основана на введении в рассмотрение функционала, зависящего от конкретного разбиения пространства X на области, такого, что экстремум этого функционала соответствует интуитивному представлению о разбиении пространства X на «компактные» области. В работе для этой цели использовался функционал средней близости точек в классах (см. [2, 3]):

$$J_1 = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r K(A_i, A_i). \tag{2.2}$$

Здесь через

$$K(A_i, A_i) = \frac{2}{n_i(n_i - 1)} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j>i} K(x_i, x_j) \tag{2.3}$$

обозначена средняя близость точек в классе A_i , где

$$K(x_i, x_j) = 1 / \{1 + \alpha R^p(x_i, x_j)\} \tag{2.4}$$

– потенциальная функция, определяющая меру близости точек x_i и x_j . Здесь $R(x_i, x_j)$ – евклидово расстояние между точками x_i и x_j в пространстве параметров, α и p – настраиваемые параметры алгоритма, n_i – число точек в классе A_i .

Требуется разбить пространство X на r областей (а при одномерной классификации – ось значений показателя на r интервалов) таким образом, чтобы доставить максимум функционалу (2.2).

Выделенные в результате автоматической классификации области на шкале значений каждого из агрегированных показателей становятся оценками (в баллах) качества (эффективности управления) по данному показателю рассматриваемого объекта ЖКХ (в данном случае, округа или района г. Москвы)

3. КОРРЕКТИРОВКА РЕЗУЛЬТАТОВ АГРЕГИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ И ЭКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР

В результате решения задачи классификационной обработки системы первичных показателей $\{x_i\}_{i=1}^N$ (раздел 2), где N – число первичных показателей (*статистической информации*) формируется: (1) список агрегированных информативных показателей $\{y_j\}_{j=1}^M$ – факторов, – число которых M существенно меньше числа первичных показателей, и (2) оцениваются их значения в первично выбранных балльных шкалах. При этом указываются формулы связи между факторами и системой первичных показателей и оцениваются различные статистические характеристики: (а) коэффициенты $\{\alpha_{ij}\}$, $i = 1, 2, \dots, N$, $j = 1, 2, \dots, M$, модели связи критериев и первичных показателей: $y_j = \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} x_i$, $j = 1, 2, \dots, M$ (при этом $\alpha_{ij_1} \times \alpha_{ij_2} = 0$, если $j_1 \neq j_2$ для всех $i = 1, 2, \dots, N$, то есть каждый из критериев зависит от своей, не пересекающейся с другими системы первичных показателей) – эти коэффициенты называются *силами связи*; (б) расстояния $\{\rho_{\min}^{(j)}\}$, $j = 1, 2, \dots, M$, $m \neq n$, между выделенными при балльном ранжировании каждого из критериев (на первом этапе разделение значений критериев осуществляется по 4 рангам – 4-балльное ранжирование: $m, n = 1, 2, 3, 4$) группами (классами) – эти расстояния называются *степенями различимости балльных оценок по j -му критерию*.

Для уточнения результатов агрегирования и сформированного в результате списка показателей эффективности функционирования системы ЖКХ г. Москвы предлагается воспользоваться методологией экспертно-статистической обработки информации [2, 7, 8].

В соответствии с организационной схемой, описанной в работе [7] (см. также рис. 2), на следующем этапе списки критериев и балльные значения критериев поступают в распоряжение экспертов, которым предстоит выработать варианты решений по сравнительной оценке объектов ЖКХ (на уровне административных округов и районов), которые передаются *лицу, принимающему решение* (ЛПР), об окончательной сравнительной оценке объектов ЖКХ (на уровне административных округов). При этом организуется процедура экспертно-статистической обработки результатов классификационного анализа, суть которой состоит в том, что эксперты получают право на: (а) изменение списка критериев (введение новых критериев, удаление предложенных критериев), (б) изменение моделей связи между критериями и первичными показателями (на уровне предложений о включении в модели связи новых первичных показателей, исключения из моделей связи предложенных первичных показателей, при этом эксперты не могут предлагать значения коэффициентов (*сил связи*)), (в) корректировку значений предложенных критериев (в баллах), (г) изменение в сторону увеличения или уменьшения числа выделенных по каждому из критериев классов (*диапазона шкалы* каждого из критериев).



Рис. 2. Организационно-информационная схема принятия решений.

Для этого организуется интерактивная процедура взаимодействия экспертов с системой поддержки принятия решений (СППР), в рамках которой любое из предложений экспертов по внесению указанных выше вариантов изменений система «комментирует», предлагая вниманию экспертов (на основе имеющейся в БД системы статистической информации) оценки последствий предлагаемых ими изменений. Получив в свое распоряжение комментарии системы, эксперты имеют право дезавуировать «возражения» СППР и (1) подтвердить некоторые (или все) из предложенных ими изменений или (2) согласиться с ними, отказавшись от части (или всех) предлагаемых ими изменений. В случае подтверждения всех или части изменений СППР осуществляет пересчет решения с учетом всех подтвержденных изменений и формирует новые значения критериев в баллах, которые снова предлагаются вниманию экспертов. Процедура продолжается до тех пор, пока эксперты не откажутся от внесения каких бы то ни было изменений. При отказе экспертов от всех предложенных ими изменений сформированная в результате система критериев и сформированных СППР передается ЛПР для выработки окончательного решения.

Лицо, принимающее решения, имеет право на внесение всех упомянутых выше изменений, вплоть до требования агрегирования всех критериев в один единственный критерий оценки эффективности объектов ЖКХ (на уровне административных округов) с целью расстановки их по местам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлено краткое описание концепции системы оценки эффективности и поддержки принятия решений по управлению жилищно-коммунальным хозяйством г. Москвы. Для решения задач агрегирования системы первичных показателей и корректировки сформированной в результате системы критериев эффективности предложена методология, основанная на экспертно-классификационных и экспертно-статистических алгоритмах обработки информации.

В настоящее время с использованием результатов структурно-классификационной экспертизы проводится проработка критериев, модели и научно-обоснованной методики оценки эффективности ЖКХ г. Москвы на уровне района, административного округа и города в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дорофеев А.А., Покровская И.В., Чернявский А.Л.* Экспертные методы анализа и совершенствования систем управления // Автоматика и телемеханика. 2004. №10. С. 172 – 188.
2. *Мандель А.С.* Экспертно-статистические методы обработки информации в интегрированных системах управления производством и технологическими процессами // Проблемы управления/ 2006. №6, - С. 55-59
3. *Бауман Е.В., Дорофеев А.А.* Классификационный анализ данных // Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. – С. 62-77.
4. *Дорофеев А.А., Чернявский А.Л.* Алгоритмы построения хорошо интерпретируемых классификаций // Третья международная конференция по проблемам управления (20 – 22 июня 2006 года): Пленарные доклады и избранные труды. -М.: Институт проблем управления, 2006. С.131-133.
5. *Чернявский А.Л., Покровская И.В.* Методы классификационного анализа данных в задаче оценки социального развития регионов // Искусственный интеллект, № 2, 2006. С.343-346.
6. *Дорофеев Ю.А.* Комплексный алгоритм автоматической классификации и его применение для анализа и принятия решений в больших системах управления // Теория активных систем. Труды международной научно-практической конференции.- М.: ИПУ РАН. 2007. – С. 39-42.
7. *Беляков А.Г., Мандель А.С.* Прогнозирование временных рядов на основе метода аналогов (элементы теории экспертно-статистических систем). М.: Институт проблем управления, 2002 г. – препринт, 60 с.
8. *Беляков А.Г., Мандель А.С.* Анализ достоверности выводов, формируемых с помощью экспертно-статистических систем. М.: Институт проблем управления, 2002 г. – препринт, 64 с.

Статья поступила в редакцию 27.04.2008