

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ STRUCTURAL SYNTHESIS AND DECISION MAKING

УДК 004.891

А. В. Захаров¹, канд. физ.-мат. наук, доц., andrewzakhar@mail.ru,
Р. Р. Рамазанова², аспирант, selen90@mail.ru, И. С. Курилова², аспирант, irina.curilowa@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО Уфимский государственный университет экономики и сервиса, г. Уфа

² ФГБОУ ВПО Уфимский государственный педагогический университет им. Акмуллы, г. Уфа

Управление системой, состоящей из набора типовых подсистем, с помощью системы показателей

Рассматривается методика управления системой, состоящей из набора типовых подсистем, с помощью вычисления их рейтингов. При этом предполагается, что каждая подсистема направлена на увеличение своего рейтинга. Предлагается схема соответствующей экспертной системы поддержки принятия управляющих решений. Проводится теоретическая оценка управления системой, а также результаты практического применения методики.

Ключевые слова: управление системами, балльно-рейтинговая система

1. Методология управления системой с помощью системы показателей

1.1. Система показателей подсистем

Системы управления с помощью рейтингов на данный момент достаточно популярны в экономических и социальных системах. Если вопросам формирования совокупности показателей и сбалансированности методики подсчета уделено достаточно внимания (см. например [1]), вопросам управления системами с помощью показателей посвящено ограниченное число, как правило, специализированных работ (см., например, [2]–[4]). Для оценки рейтингов при управлении сложными системами используют следующие типовые модели:

- простая линейная модель взвешенных нормированных экспертных оценок (см., например, [4]);
- модель линейного программирования (см., например, [5]);
- модель метода анализа иерархий на основе экспертных оценок (см., например, [6]);
- различные линейные модели показателей как с использованием стандартных показателей в соответствующей предметной области (например, [1], [7]), так и с обоснованием методики выбора показателей (например [3]).

Недостатками вышеуказанных моделей являются:

- отсутствие математической модели, которая может быть использована для оценки влияния использования рейтингов;
- отсутствие возможностей прогноза поведения систем при сохранении предлагаемой системы рейтингового управления.

В данной работе предпринята попытка с общих позиций управления системами оценить эффективность управления системой (с помощью принципов, закладываемых в экспертную систему) на основе рейтингов ее подсистем. При этом устраняются два указанных выше недостатка существующих моделей рейтингового управления: выполняется оценка результатов рейтингового управления, в том числе асимптотическая оценка, позволяющая осуществить долгосрочный прогноз поведения системы.

Рассмотрим систему, состоящую из набора типовых подсистем. Предположим, что каждая подсистема имеет набор показателей (свойств), которые характеризуют ее развитие. Все показатели распределены по n логическим группам, в группе j число показателей обозначим через n_j ($j = 1, \dots, n$). Каждому показателю соответствует определенное число баллов, соответствующее его значимости.

Обозначим показатели группы j через a_i^j ($j = 1, \dots, n$, $i = 1, \dots, n_j$). Число баллов, соответствующее показателю a_i^j , обозначим через b_i^j . Если показатель a_i^j для подсистемы выполнен, подсистеме начисляется соответствующий балл b_i^j .

Поставим следующие задачи.

1. Разработать систему подсчета общего рейтинга подсистемы, позволяющую повысить ее конкурентоспособность (при условии стремления подсистемы к увеличению своего рейтинга).

2. Разработать методологию управления системой с помощью изменения методики подсчета рейтинга.

Разработанная методология управления системой позволит выбирать те или иные направления развития системы, связанные с конкретными группами показателей.

1.2. Методика расчета рейтинга подсистемы

Оценка подсистемы по группе показателей. Поскольку значимость показателя каждой группы уже определена соответствующим числом баллов, оценку подсистемы b_j по группе показателей j определим как среднее арифметическое по всем показателям группы:

$$b^j = \sum_{i=1}^{n_j} b_i^j / n_j.$$

Общая оценка подсистемы. Предположим, что каждая группа показателей имеет свою значимость для конкурентоспособности подсистемы на данный момент времени, выражаемой численно. Обозначим через v_j значимость группы j показателей ($j = 1, \dots, n$), и потребуем от набора значимостей выполнения условия

$$\sum_{j=1}^{n_j} v_j = 1.$$

Общую оценку подсистемы зададим с помощью линейного выражения:

$$v = \sum_{j=1}^{n_j} v_j b^j.$$

1.3. Методология управления системой

Мы предполагаем, что каждая подсистема направлена на увеличение своего рейтинга. В этом случае управление системой можно осуществлять следующими методами.

1. Выбор набора показателей подсистем (а также распределение их по группам).

2. Определение значимости каждого показателя для повышения конкурентоспособности подсистемы, а именно значения баллов b_i^j ($j = 1, \dots, n$, $i = 1, \dots, n_j$).

3. Задание значимостей v_j каждой группы j показателей ($j = 1, \dots, n$) на конкретный период.

1.4. Пример управления системой

В университете функционирует определенный набор кафедр, от рейтингов которых зависит их финансирование. Все показатели эффективности работы кафедры разбиты на четыре группы.

1. Кадровая и материальная обеспеченность.
2. Учебно-методическая деятельность.
3. Научно-исследовательская и инновационная деятельность.
4. Публикационная активность сотрудников.

Каждый показатель измеряется баллами от 0 до 5. В таком же диапазоне находятся средние арифметические значения по каждой группе показателей (оценка подсистемы по группе показателей). Руководство университета принимает решение усилить публикационную активность сотрудников и устанавливает на следующий год следующие значимости групп показателей:

$$v_1 = v_2 = v_3 = 0,2, v_4 = 0,4.$$

В этом случае кафедре проще увеличить свой рейтинг, усилив публикационную активность сотрудников.

2. Система поддержки принятия управляющих решений

2.1. Цикл управления системой

Формализуем общий цикл управления системой.

1. Формирование первоначального управляющего воздействия (задание начальной методики расчета рейтингов подсистем).
2. Выполнение рейтингов.
3. Коррекция управляющего воздействия (изменение методики расчета рейтингов подсистем).
4. Переход к п. 2.

2.2. Структурная схема процесса управления системой

Для общего описания процесса управления системой приведем его структурную схему (рис. 1).

Как видно из схемы, результат управления в общем случае может привести к изменению не только методики расчета рейтингов подсистем, но и к корректировке самой цели управления. К корректировке и уточнению методики управляющего воздействия может привести не только общий результат, но и информация об изменении объекта управления (подсистемы).

В общем случае оказывается воздействие на информационный уровень объекта управления, т. е. метауправление (коррекция его целей, его взаимоотношений с окружающей средой, мотиваций, способов принятия и реализации решений). В результате управляющего воздействия цели объекта управления сближаются и согласовываются с целями системы управления.

2.3. Автоматизация управления системой

Автоматизация управления системой может быть проведена в двух направлениях:

- сбор данных о подсистемах и расчет рейтингов подсистем;
- поддержка принятия решения об управляющем воздействии.



Рис. 1. Структурная схема процесса управления

Автоматизация сбора данных о подсистемах при наличии регламентов соответствующих информационных транзакций, а также расчет рейтингов подсистем представляет собой простую задачу информационного взаимодействия между компонентами системы.

Поддержка принятия решения об управляющем воздействии может осуществляться решающей или советующей экспертной системой. Решающая экспертная система может быть использована в системах управления техническими системами, состоящими из набора типовых систем. Советующая экспертная система необходима к применению в социальных и экономических системах, на предприятиях и в организациях. Один из вариантов системы поддержки принятия решений приведен ниже.

2.4. Модель экспертной системы управления

Опишем информационную модель экспертной системы поддержки принятия решений об изменении методики подсчета рейтингов (рис. 2).

Экспертная система использует базы данных подсистем для подсчета рейтинга и состоит из двух экспертных систем высшего и низшего уровней. Экспертная система низшего уровня используется исключительно для подсчета рейтинга в соответствии с утвержденной методикой на основе баз данных подсистем. Экспертная система высшего уровня состоит из двух модулей: констатирующего и советующего (или решающего) модуля. Констатирующий модуль выводит информацию о текущем положении дел на разных уровнях абстракции, рейтингах, а также информацию, подтверждающую рейтинг той или иной подсистемы. Советующий (или решающий) модуль проводит анализ и отображает информацию о подсистемах, осуществляет прогноз дальнейшего поведения системы, а также генерирует (предполагаемое) решение относительно управляющего воздействия.

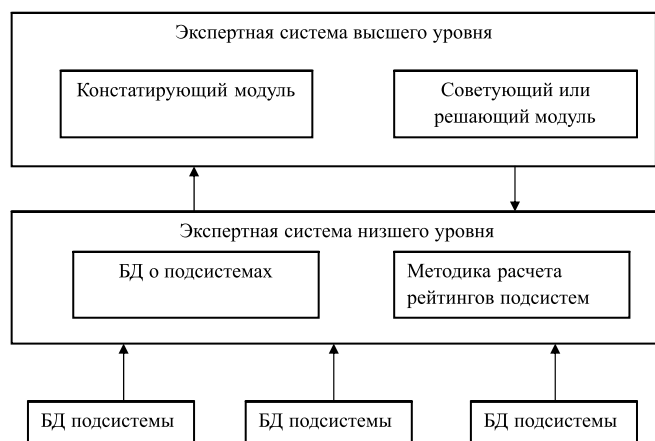


Рис. 2. Информационная модель экспертной системы поддержки принятия решений

3. Оценка управления системой, состоящей из набора типовых подсистем

Предположим, что система S состоит из набора типовых подсистем S_1, S_2, \dots, S_N , имеющих численные рейтинги соответственно $R_1(i), R_2(i), \dots, R_N(i)$, определяемые в дискретные (равноотстоящие) моменты времени $i = 0, 1, 2, \dots, I$. Вычислим приведенные рейтинги

$$R_j = R_j(i) / \sum_{j=1}^N R_j(i), j = 1, \dots, N, i = 0, 1, 2, \dots, I.$$

Приведенные рейтинги в сумме дают единицу и, в частности, являются ориентиром для определения будущего роста подсистемы относительно других подсистем.

Предположим, что каждая подсистема S_i после присваивания того или иного значения рейтинга увеличивает на следующий период времени свою эффективность, что приводит к условному превышению приведенного рейтинга на величину, пропорциональную приведенному рейтингу:

$$\bar{R}_j(i) = R_j(i-1) + e_j R_j^*(i-1), i = 1, 2, \dots, I,$$

где e_j — коэффициент эффективности использования подсистемой j своего рейтинга, $j = 1, \dots, N$.

Пример. В университете функционирует определенный набор кафедр, в конце каждого года подсчитываются рейтинги кафедр, после чего фиксированная каждый год стимулирующая сумма распределяется по кафедрам пропорционально рейтингам (т. е. соответственно приведенному рейтингу). Каждая кафедра имеет возможность улучшить свои показатели за счет стимулирующей суммы в соответствии с эффективностью ее использования.

Так как все рейтинги увеличились, для вычисления реального приведенного рейтинга на следующий период времени необходимо провести нормализацию — разделить на сумму всех рейтингов:

$$R_j^*(i) = \bar{R}_j(i) / \sum_{j=1}^N \bar{R}_j(i).$$

Далее рассмотрим несколько случаев.

Случай 1. Равные эффективности использования подсистемами своего рейтинга. Предположим, что коэффициенты эффективности использования подсистемами своего рейтинга равны

$$e_1 = e_2 = \dots = e_N = e.$$

В этом случае приведенные рейтинги систем i и k будут равны соответственно:

$$\bar{R}_j(i) = R_j(i-1) + e R_j(i-1) / \sum_{j=1}^N R_j(i), i = 1, 2, \dots, I,$$

$$\bar{R}_k(i) = R_k(i-1) + e R_k(i-1) / \sum_{j=1}^N R_j(i), i = 1, 2, \dots, I.$$

Вычислив их соотношение

$$\frac{\bar{R}_j(i)}{\bar{R}_k(i)} = \frac{R_j(i-1) + e_j R_j(i-1) / \sum_{j=1}^N R_j(i)}{R_k(i-1) + e_k R_k(i-1) / \sum_{j=1}^N R_j(i)} = \frac{\bar{R}_j(i-1)}{\bar{R}_k(i-1)},$$

мы приходим к теореме.

Теорема 1. При равных коэффициентах эффективности использования рейтингов приведенные рейтинги подсистем не изменяются со временем.

Теорема означает, что если все подсистемы с одинаковой эффективностью используют ресурсы, получаемые благодаря рейтингам, в рамках рассматриваемой модели их рейтинговое положение в системе не изменяется.

Случай 2. Разные эффективности использования подсистемами своего рейтинга. Предположим, что коэффициенты эффективности использования рейтинга, по крайней мере, у двух подсистем не равны, например $e_j > e_k$.

В этом случае приведенный рейтинг систем i и k будет соответственно

$$\bar{R}_j(i) = R_j(i-1) + e_j R_j(i-1) / \sum_{j=1}^N R_j(i-1), \quad i = 1, 2, \dots, I,$$

$$\bar{R}_k(i) = R_k(i-1) + e_k R_k(i-1) / \sum_{j=1}^N R_j(i-1), \quad i = 1, 2, \dots, I.$$

Оценив их соотношение

$$\frac{\bar{R}_j(i)}{\bar{R}_k(i)} = \frac{R_j(i-1) \left(1 + e_j / \sum_{j=1}^N R_j(i-1) \right)}{R_k(i-1) \left(1 + e_k / \sum_{j=1}^N R_j(i-1) \right)} > \frac{\bar{R}_j(i-1)}{\bar{R}_k(i-1)},$$

приходим к теореме.

Теорема 2. Если коэффициент эффективности использования рейтингов у одной подсистемы больше, чем у другой, соотношение их рейтингов со временем монотонно возрастает.

Случай 3. Существование системы с максимальной эффективностью. Обозначим

$$\gamma_{jk} = \frac{1 + e_j / \sum_{i=1}^N R_j(i)}{1 + e_k / \sum_{j=1}^N R_j(i)}.$$

Переставим индексы всех подсистем, упорядочив их по возрастанию коэффициентов эффективности использования рейтингов:

$$e_1 \leq e_2 \leq \dots \leq e_n.$$

Пусть имеется подсистема с максимальным коэффициентом эффективности использования рейтинга:

$$e_1 \leq e_2 \leq \dots \leq e_{n-1} < e_n.$$

В этом случае

$$\gamma_{nk} = \frac{1 + e_n / \sum_{j=1}^N R_j(i)}{1 + e_k / \sum_{j=1}^N R_j(i)} = \frac{\sum_{j=1}^N R_j(i) + e_j + (e_n - e_j)}{\sum_{j=1}^N R_j(i) + e_j} > 1 + \frac{e_n - e_j}{\sum_{j=1}^N R_j(i) + e_j}.$$

Пусть сумма рейтингов $\sum_{j=1}^N R_j(i)$ ограничена сверху константой S . Тогда

$$\gamma_{nk} > 1 + \frac{e_n - e_j}{S + e_j}.$$

Это означает, что величина $\gamma_{nk} > 1 + \varepsilon$, $\varepsilon > 0$. В этом случае

$$\frac{\bar{R}_n(i)}{\bar{R}_k(i)} > \frac{\bar{R}_n(i-1)}{\bar{R}_k(i-1)} (1 + \varepsilon), \quad \varepsilon > 0.$$

Отсюда следует, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\bar{R}_n(i)}{\bar{R}_k(i)} = \infty,$$

или по-другому

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\bar{R}_k(i)}{\bar{R}_n(i)} = 0.$$

Приходим к следующей теореме.

Теорема 3. Если существует подсистема с максимальным коэффициентом эффективности и сумма рейтингов ограничена сверху константой, то при стремлении времени к бесконечности рейтинги всех остальных систем становятся бесконечно малыми величинами.

При сохранении эффективности подсистем и поддержке подсистем с высокой эффективностью система с максимальной эффективностью начинает со временем вытеснять другие системы. Этот вывод согласуется с известными примерами систем: языки отдельных народов со временем вытесняют множество других языков, крупные предприятия и организации со временем разрастаются еще больше и поглощают мелкие предприятия и организации.

Выводы

Разработана модель экспертной системы управления на основе балльно-рейтинговой оценки, позволяющая численно оценить результаты применения управления подсистемами с помощью рейтингов. Получены теоретические оценки результатов применения предложенной методики управления системой.

Впервые проводится оценка эффективности управления системой (с помощью принципов, закладываемых в экспертную систему) на основе рейтингов ее подсистем. При этом устраняются два указанных выше недостатка существующих моделей рейтингового управления: проводится оценка результатов рейтингового управления, в том числе асимптотическая оценка, позволяющая осуществить долгосрочный прогноз поведения системы. Предложенная модель может служить основой для дальнейших исследований в области применения рейтинговой системы управления для различных предметных областей, а также практического применения для разработки специализированных экспертных систем управления на основе рейтингов.

Список литературы

1. **Коровина В. А.** Оценка эффективности деятельности предприятия с использованием системы сбалансированных показате-

телей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2008. № 20 (120). С. 40–51.

2. **Калинина А. Э., Соколов А. Ф., Елхина И. А.** Информационно-аналитические методы мониторинга эффективности систем управления региональной экономикой // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2012. Т. 13, № 7 (94). С. 169–179.

3. **Тарасенко Ф. П.** О применении рейтинговых оценок в управлении вузом // Проблемы управления в социальных системах. 2011. Т. 3. № 5. С. 81–96.

4. **Быстров О. Ф.** Инновационная методика рейтингового оценивания кафедр института в системе управления качеством вуза // Научный вестник МГИИТ. 2010. № 5. С. 46–48.

5. **Болодурин И. П.** Математическая модель управления развитием промышленности регионов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2005. № 4. С. 134–138.

6. **Дуканич Л. В., Тимченко А. С.** Рейтинговое управление экономическими системами и процессами: концепция и некоторые результаты применения // Terra economicus. 2005. Т. 3, № 3. С. 83–91.

7. **Ивченко И. Б., Гаврашенко М. О.** Математическая модель рейтингового оценивания та управління банком // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. Т. 2, № 4 (44). С. 48–51.

A. V. Zakharov, Associated Professor, e-mail: andrewzakhar@mail.ru,
Ufa State University of Economics and Service,
R. R. Ramazanova, Graduate Student, selena-9090@mail.ru,
I. S. Kurilova, Graduate Student, irina.curilowa@mail.ru,
M. Akmullah Bashkir State Pedagogical University

Management of System Consisting of a Set of Typical Subsystems Using Scorecards

The control technique of system consisting of a set of typical subsystems by computing their ratings is proposed. It is assumed that each subsystem is aimed at increasing their rating.

The control technique includes:

- *Selection of a set of indicators subsystems (as well as their distribution by groups).*
- *Determination of the significance of each indicator to increase the competitiveness of subsystems.*
- *Setting the significances of each group for a specific period.*

The control iteration consists of three steps: setting the initial method of calculating subsystems ratings; implementation the calculated ratings; correction of the manipulated variable (changing the parameters, of subsystems ratings calculations).

Automation control can be implemented in two directions: data collection and calculation of the subsystems ratings and support for the decision to control the global system.

Decision support system are considered and described in terms of automation control. It used database of subsystems and consists of two level. Lower level of decision support system is used for rating computing according with proposed technique. Upper level of decision support system consists of two modules: the module of analytics and the module of forecast. Theoretical estimates of the control system are calculated, among them: estimates of equal and not equal subsystem cases, asymptotical estimate of leader subsystem. The examples of control technique implementation are considered too.

Keywords: system analysis, scorecards, system management, control technique, rating system, system indicator set, decision support system, system forecast, system control estimate, asymptotical estimate of leader subsystem

References

1. **Korovina V. A.** Ocenka jeffektivnosti dejatel'nosti predpriyatija s ispol'zovaniem sistemy sbalansirovannyh pokazatelej. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta*. Serija: jekonomika i menedzhment, 2008, no. 20 (120), pp. 40–51.

2. **Kalinina A. Je., Sokolov A. F., Elhina I. A.** Informacionno-analiticheskie metody monitoringa jeffektivnosti sistem upravlenija regional'noj jekonomikoj. *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2012, vol. 13, no. 7 (94), pp. 169–179.

3. **Tarasenko F. P.** O primenenii rejtingovyh ocenok v upravlenii vuzom. *Problemy upravlenija v social'nyh sistemah*, 2011, vol. 3, no. 5, pp. 81–96.

4. **Bystrov O. F.** Innovacionnaja metodika rejtingovogo ocenivanija kafedr instituta v sisteme upravlenija kachestvom vuzza. *Nauchnyj vestnik MGIIT*, 2010, no. 5, pp. 46–48.

5. **Bolodurina I. P.** Matematicheskaja model' upravlenija razvitiem promyshlennosti regionov. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2005, № 4, pp. 134–138.

6. **Dukanich L. V., Timchenko A. S.** Rejtingovoe upravlenie jekonomicheskimi sistemami i processami: koncepcija i nekotorye rezul'taty primenenija. *Terra economicus*, 2005, vol. 3, no. 3, pp. 83–91.

7. **Ivchenko N. B., Gavrashenko M. O.** Matematichna model' rejtingovogo ocenjuvannja ta upravlinnja bankom. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*, 2010, vol. 2, no. 4 (44), pp. 48–51.