

Сапожников Г.П. Редукция множества показателей мониторингового...

14. Wang X., McCallum A. Topics Over Time: A Non-Markov Continuous-Time Model of Topical Trends // 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining: Proceedings. [S. l.]: ACM, 2006. P. 424–433.

15. Wang X., Zhai C., Roth D. Understanding Evolution of Research Themes: A Probabilistic Generative Model for Citations // 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining: Proceedings. [S. l.]: ACM, 2013. P. 1115–1123.

DOI: 10.25586/RNUV9187.19.01.P.117

УДК 681.3

Г.П. Сапожников

РЕДУКЦИЯ МНОЖЕСТВА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГОВОГО
ОЦЕНИВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕКОММЕРЧЕСКОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Описываются этапы обработки многолетних данных информационного мониторинга деятельности некоммерческой образовательной организации, направленные на возможность последующего использования при оптимизации ресурсоэффективности ее функционирования за счет редукции исходного множества показателей. С этой целью показатели, влияющие на экономические составляющие ресурсоэффективности, и сами эти составляющие рассматриваются как зависимые случайные процессы. Экспертно-визуальный анализ изменений тесноты корреляционных связей от временного сдвига позволяет построить ранговую последовательность на множестве показателей и выделить на первом этапе наиболее влиятельные. Второй этап редукции множества влиятельных показателей осуществляется на основе оптимизационной модели линейного булева программирования, которая решается методом ветвей и границ с вычислением верхней оценки путем решения эквивалентной непрерывной задачи линейного программирования.

Ключевые слова: ресурсоэффективность, оптимизация, информационный мониторинг, редукция, ранжирование, булево программирование.

G.P. Sapozhnikov

REDUCTION OF THE VARIETY OF INDICATORS
OF MONITORING EVALUATION OF THE ACTIVITY
OF NON-COMMERCIAL EDUCATIONAL ORGANIZATION
TO OPTIMIZE THE RESOURCE EFFICIENCY
OF ITS OPERATION

The stages of processing multi-year data of information monitoring of the activities of a non-profit educational organization are described. They are aimed at the possibility of subsequent use in optimizing the resource efficiency of its operation by reducing the initial set of indicators. To this end, indicators affecting the economic components of resource efficiency, and these components themselves are considered as dependent random processes. The expert-visual analysis of changes in the closeness of correlations

due to the time shift allows us to construct a ranking sequence on a set of indicators and to identify the most influential at the first stage. The second stage of the reduction of a set of influential indicators is carried out on the basis of an optimization model of linear Boolean programming, which is solved by the branch and bound method with the calculation of the upper estimate by solving an equivalent continuous linear programming problem.

Keywords: resource efficiency, optimization, information monitoring, reduction, ranking, boolean programming.

В работе В.А. Зернова [3] показано, что оптимизация ресурсоэффективности функционирования некоммерческой образовательной организации (НОО) зависит от соотношения доходов и расходов за определенный календарный срок. На их уровень в свою очередь влияют показатели эффективности деятельности НОО, значения которых получают на основе ежегодного мониторингового оценивания [4]. Оно осуществляется по $i = \overline{1, I}$ направлениям деятельности образовательной организации. Каждое i -направление включает оценки по j_i -показателям y_{ji} , $j_i = \overline{1, I_i}$, $i = \overline{1, I}$, значения которых образуют временные ряды за весь период мониторинговых наблюдений [Там же]:

$$y_{ji}(t), t = \overline{1, T}.$$

Принятие качественного управленческого решения на основе формализованной оптимизационной задачи существенным образом зависит от ее размерности [1]. В данном случае размерность определяется числом мониторируемых показателей y_{ji} , $i = \overline{1, I_i}$, $j_i = \overline{1, I_i}$. Поэтому возникает необходимости сократить их количество, равное

$$\prod_{i=1}^I J_i.$$

Для редукции множества показателей оптимизационной модели выбираются те, которые оказывают наиболее значимое влияние на изменение доходов и расходов с учетом всего периода проведения ежегодного мониторинга $t = \overline{1, T}$.

При проведении редукции будем основываться на следующих предпосылках:

- значения показателей мониторинга за период наблюдения T $t = \overline{1, T}$ образуют случайные процессы [6]:

$$y_{ji}(t), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J_i}, t = \overline{1, T}; \quad (1)$$

- аналогично представляются случайные процессы изменения доходов, расходов и рейтинговых оценок НОО:

$$c(t); z(t); r_{it} t = \overline{1, T}; \quad (2)$$

- теснота корреляционных связей между случайными процессами (2) и (1) меняется в зависимости от временного сдвига $\tau = \overline{0, T-1}$ между ними;

- в качестве количественной оценки тесноты связей будем использовать несмещенную оценку нормированной взаимной функции корреляции [6], характеризующей степень влияния одного случайного процесса на другой, в частности $y_{ji}(t)$ на $c(t)$:

$$K_{y_{ji}c}(\tau) = \frac{\sum_{\tau=1}^{T-\tau} [y_{ji}(t) - \overline{y_{ji}}][c(t+\tau)] - \overline{c}}{(T-\tau-1)\sigma_{y_{ji}}\sigma_c}, \tau = \overline{0, T-1}, \quad (3)$$

где $\overline{y_{ji}}$, \overline{c} – несмещенные оценки математического ожидания случайных процессов,

$$\overline{y_{ji}} = \frac{\sum_{t=1}^T y_{ji}(t)}{T}, \quad \overline{c} = \frac{\sum_{t=1}^T c(t)}{T};$$

$\sigma_{y_{ji}}, \sigma_c$ – несмещенные оценки среднеквадратичного отклонения случайных процессов,

$$\sigma_{y_{ji}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (y_{ji}(t) - \overline{y_{ji}})^2}{T-1}}, \quad \sigma_{\overline{c}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (c(t) - \overline{c})^2}{T-1}};$$

для выбора значимых показателей помимо количественных корреляционных оценок следует использовать результаты их визуальной трансформации и экспертные оценки.

Исходя из этих предпосылок предлагается следующая процедура редукции показателей мониторингового оценивания.

1. Вычисление несмещенных оценок математического ожидания и среднеквадратичного отклонения случайных процессов (1)–(2).

2. Вычисление несмещенных оценок нормированных взаимных функций корреляции согласно (3):

$$K_{y_{ji}c}(\tau), K_{y_{ji}z}(\tau), \quad i = \overline{1, I}, \quad j_i = \overline{1, J_i}. \quad (4)$$

3. Определение значений $\hat{\tau}$, при которых значения функций (4) достигают максимума [2]:

$$\hat{\tau}_{y_{ji}c} \rightarrow K_{y_{ji}c}(\hat{\tau}) = \min_{\tau}, \quad i = \overline{1, I}, \quad j_i = \overline{1, J_i}; \quad (5)$$

$$\hat{\tau}_{y_{ji}z} \rightarrow K_{y_{ji}z}(\hat{\tau}) = \min_{\tau}, \quad i = \overline{1, I}, \quad j_i = \overline{1, J_i}. \quad (6)$$

4. Визуальная трансформация множеств (5)–(6) путем построения для всех $i = \overline{1, I}$ ранговой диаграммы изменения $\hat{\tau}$ в зависимости от $j_i = \overline{1, J_i}$ с учетом изменения влияния (рис. 1)

$$y_{ji} \text{ на } c, \quad j_i = \overline{1, J_i},$$

$$y_{ji} \text{ на } z, \quad j_i = \overline{1, J_i}$$

от меньшего промежутка времени τ^* , при котором влияние максимально большему.

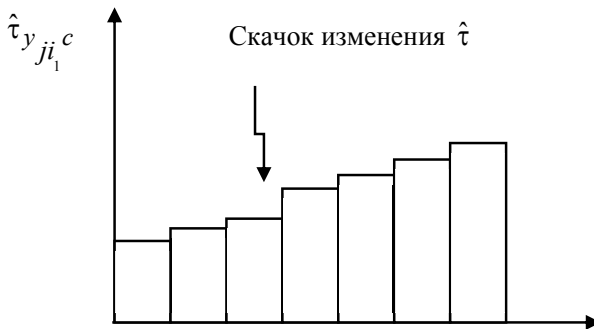


Рис. 1. Ранговая диаграмма изменения $\hat{\tau}_{y_{j_1}c}$ при $i = j_1$

На диаграмме $j'_i = \overline{1, J_i}$ – упорядоченное нумерационное множество:

$$j'_i = 1 \text{ при } \tau_{y'_{j_1}c} = \min_{j_i=1, J_i} \{ \tau_{y'_{j_1}c} \};$$

$$j'_i = 2 \text{ при } \tau_{y'_{j_1}c} = \min_{j_i=2, J_i} \{ \tau_{y'_{j_1}c} \}, \dots;$$

$$j'_i = J_i \text{ при } \tau_{y'_{j_1}c} = \max_{j_i=1, J_i} \{ \tau_{y'_{j_1}c} \}.$$

5. Экспертная оценка упорядоченного нумерационного множества показателей до скачка изменения $\bar{\tau}$ на диаграммах при $i = 1, I$ [5]:

$$\text{влияния } y_{j_1i} \text{ на } c, i = \overline{1, I}, j_1 = \overline{1, I_1} \in \overline{1, I_1}; \quad (7)$$

$$\text{влияния } y_{j_2i} \text{ на } z, i = \overline{1, I}, j_2 = \overline{1, I_2} \in \overline{1, I_1}. \quad (8)$$

6. Завершение первого этапа редукции путем формирования редуцированного множества показателей в зависимости от количественных оценок корреляционных связей и экспертных оценок по результатам визуальной трансформации (7)–(8);

$$y_{i1} = \bigcup_{i=1}^I y_{i1}, j_1 = \overline{1, J_1}; \quad (9)$$

$$y_{i2} = \bigcup_{i=1}^I y_{i2}, j_2 = \overline{1, J_2}. \quad (10)$$

7. Переход ко второму этапу редукции множеств (9)–(10) на основе оптимизационного моделирования и экспертного оценивания. Этот переход свяжем с количественными оценками

$$\hat{\tau}_{y_{j_1}c}, j_1 = \overline{1, J_1}; \quad \hat{\tau}_{y_{j_2}z}, j_2 = \overline{1, J_2}$$

и альтернативными переменными

$$x_{j_1} = \begin{cases} 1, \text{ если показатель } y_{j_1} \text{ включается в множество показателей,} \\ \text{значимых для изменения дохода } C, \\ 0, \text{ в противном случае, } j_1 = \overline{1, J_1}; \end{cases} \quad (11)$$

$$x_{j_2} = \begin{cases} 1, \text{ если показатель } y_{j_2} \text{ включается в множество показателей,} \\ \text{значимых для изменения дохода } Z, \\ 0, \text{ в противном случае, } j_2 = \overline{1, J_2}. \end{cases} \quad (12)$$

Поскольку наибольшая значимость показателей достигается при меньшем времени, через которое они максимально влияют на доходы и расходы НОО, в качестве критерия оптимизации предлагается

$$\sum_{j_1=1}^{J_1} \frac{1}{\tau_{y_{j_1}c}} x_{j_1} \rightarrow \max; \quad (13)$$

$$\sum_{j_2=1}^{J_2} \frac{1}{\tau_{y_{j_2}z}} x_{j_2} \rightarrow \max. \quad (14)$$

Ограничения формируются на основе экспертной информации. С использованием метода группового экспертного оценивания априорного ранжирования [5] определяются ранги каждого показателя $b_{y_{j_1}c}, b_{y_{j_2}z}$.

Кроме того, определяют суммы рангов

$$\sum_{j_1}^{J_1} b_{y_{j_1c}}, \sum_{j_2}^{J_2} b_{y_{j_2z}}.$$

Эксперт ограничивает число показателей для дальнейшей обработки редуцированной информации и постановки задач оптимизации путем введения значений коэффициентов

$$0 \leq \alpha_1 \leq 1, 0 \leq \alpha_2 \leq 1$$

и введения неравенств

$$\sum_{j_1=1}^{J_1} b_{y_{j_1c}} x_{j_1} \leq \alpha_1 \sum_{j_1}^{J_1} b_{y_{j_1c}}; \tag{15}$$

$$\sum_{j_2=1}^{J_2} b_{y_{j_2z}} x_{j_2} \leq \alpha_2 \sum_{j_2=1}^{J_2} b_{y_{j_2z}}. \tag{16}$$

Объединяя критерий (13) с ограничениями (11), (15), а критерий (14) с ограничениями (12), (16), имеем следующие задачи линейной булевой оптимизации на множествах переменных (11)–(12):

$$\sum_{j_1=1}^{J_1} \frac{1}{\tau_{y_{j_1c}}} x_{y_1} \rightarrow \max, \sum_{j_1=1}^{J_1} b_{y_{j_1c}} x_{j_1} \leq \alpha_1 \sum_{j_1}^{J_1} b_{y_{j_1c}}; x_{j_1} = \begin{cases} 1, & j_1 = \overline{1, J_1}; \\ 0, & \end{cases} \tag{17}$$

$$\sum_{j_2=1}^{J_2} \frac{1}{\tau_{y_{j_2z}}} x_{y_2} \rightarrow \max, \sum_{j_2=1}^{J_2} \tau_{y_{j_2z}} x_{j_2} \leq \alpha_2 \sum_{j_2=1}^{J_2} b_{y_{j_2z}}; x_{j_2} = \begin{cases} 1, & j_2 = \overline{1, J_2}. \\ 0, & \end{cases} \tag{18}$$

Для решения одномерных задач о ранге (17)–(18) предлагается использовать метод ветвей и границ, поскольку вычислима верхняя оценка для корня дерева при начальном ветвлении путем решения эквивалентной непрерывной задачи линейного программирования [7]. Так, решение задачи (17) при замене ограничения (6) на ограничение вида $0 \leq x_{j_1} \leq 1$ определяется рекуррентным соотношением [1]

$$x_{j_1}^1 = \frac{\min\left(b_{y_{j_1c}} x_{j_1}; \alpha_1 \sum_{j_1}^{J_1} b_{y_{j_1c}} - \sum_{i=1}^{j_1-1} b_{y_{ic}} x_i^1\right)}{b_{y_{j_1c}}}, j_1 = \overline{1, J_1}, \tag{19}$$

где $\sum_{i=1}^0 b_{y_{ic}} x_i^1 = 0$.

Рекуррентное соотношение (19) используется на последующих шагах ветвления для решения непрерывной задачи линейного программирования с исключением переменной, по которой осуществляется ветвление.

Оптимальное решение включает $x_{j_1}^* = 1$, и ему соответствуют $y_{j_1}^*$. Если эксперт считает, что количество показателей $y_{j_1}^*$ превышает желаемую размерность редуцированного множества, то он может предложить решить задачи (17)–(18) при меньших значениях α_1, α_2 .

Структурная схема двухэтапной редукции показателей мониторингового оценивания приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Структурная схема двухэтапной процедуры редукции показателей мониторингового оценивания

Литература

1. Батищев Д.И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Оптимизация в САПР. М.: Высш. шк., 1977. 416 с.
2. Зацепина С.А., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Теория управления. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. 200 с.
3. Зернов В.А. Конкурентоспособность отечественной системы высшего образования // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 4. С. 8–11.

4. Карелина И.Г., Соболев А.Б., Сорокин С.О. Мониторинг деятельности образовательных организаций – инициатива системных изменений в высшем образовании. Часть 1 // Высшее образование сегодня. 2015. № 7. С. 55–61.
5. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. 444 с.
6. Натан А.А., Горбачев О.Г., Гуз С.А. Основы теории случайных процессов. М.: Изд-во МФГИ, 2003. 168 с.
7. Юдин Д.Б., Юдин А.Б. Экстремальные модели в экономике. М.: Экономика, 1979. 288 с.

Literatura

1. Batishchev D.I., L'vovich Ya.E., Frolov V.N. Optimizatsiya v SAPR. М.: Vyssh. shk., 1977. 416 s.
2. Zatsepina S.A., L'vovich Ya.E., Frolov V.N. Teoriya upravleniya. Voronezh: Izd-vo VGU, 1989. 200 s.
3. Zernov V.A. Konkurentosposobnost' otechestvennoy sistemy vysshego obrazovaniya // Problemy teorii i praktiki upravleniya. 2014. № 4. S. 8–11.
4. Karelina I.G., Sobolev A.B., Sorokin S.O. Monitoring deyatel'nosti obrazovatel'nykh organizatsiy – initsiativa sistemnykh izmeneniy v vysshem obrazovanii. Chast' 1 // Vyssee obrazovanie segodnya. 2015. № 7. S. 55–61.
5. L'vovich I.Ya., L'vovich Ya.E., Frolov V.N. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya. Voronezh: IPTS "Nauchnaya kniga", 2016. 444 s.
6. Natan A.A., Gorbachev O.G., Guz S.A. Osnovy teorii sluchaynykh protsessov. М.: Izd-vo MFGI, 2003. 168 s.
7. Yudin D.B., Yudin A.B. Ekstremal'nye modeli v ekonomike. М.: Ekonomika, 1979. 288 s.