

УДК 681.3

В.В. Горячко, Я.Е. Львович

**ИМИТАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО СТРУКТУРНОЙ И
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ
ИНТЕГРАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ МОНИТОРИНГОВО-
РЕЙТИНГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВ**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова», Россия, Москва*

*АНОО ВО «Воронежский институт высоких технологий»,
Россия, Воронеж*

В статье рассматривается задача интегрального оценивания мониторингово-рейтинговой информации о деятельности вузов, ориентированная на возможности интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Рассмотрено формализованное представление данных мониторингов и рейтингов и показана необходимость построения двухуровневой модели интегрального оценивания. Приведены наиболее целесообразные варианты структурного и параметрического представления моделей сворачивания показателей и нормирования исходной информации. Обоснована возможность проведения имитационного эксперимента по структурной и параметрической идентификации моделей. Для адаптивного выбора структуры и параметров введен критерий оптимизации в виде Хеммингового расстояния с использованием схем рандомизированного поиска. Сделан вывод об эффективности сочетания формализованных и экспертных процедур для выбора перспективных моделей интегрального оценивания на основе имитационного эксперимента.

Ключевые слова: мониторинг, рейтинг, интегральное оценивание, имитационный эксперимент, оптимизация.

Создание подсистемы интеллектуальной поддержки административных решений при управлении деятельностью вузов по результатам мониторингово-рейтингового оценивания [1] требует предварительного решения следующих задач:

- оценки позиционирования образовательной организации в действующих системах рейтингования вузов;
- выбора структуры и параметров моделей математической обработки данных о деятельности вузов при разработке новых систем рейтингования;
- выбора эффективных моделей прогнозирования показателей деятельности вузов при управлении переходом в более высокий рейтинговый кластер.

В настоящее время накоплена ретроспективная статистика, связанная с участием российских вузов в мониторинге эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования, проводимого

Министерством образования и науки РФ [2] и различных системах рейтингования. Указанная информация создает предпосылки для решения перечисленных выше задач на основе имитационного эксперимента [3].

Дадим характеристику с использованием нумерационных множеств типовой системе мониторингов эффективности деятельности образовательных организаций и системе данных, используемых при рейтинговании вузов. Обозначим нумерационное множество организаций высшего образования, участвующих в мониторинго-рейтинговом оценивании, $i = \overline{1, I}$. Оценка эффективности деятельности i -й образовательной организации либо ее рейтинг определяются на основе информации, предоставляемой вузом, либо формируемой рейтинговыми агентствами экспертным путем по $g = \overline{1, G}$ направлениями деятельности, каждое из которых характеризуется $j_g = \overline{1, J_g}$ количественными показателями $f_{ijg}, i = \overline{1, I}, j_g = \overline{1, J_g}, g = \overline{1, G}$. Структуризация информационных ресурсов по нумерационным множествам $g = \overline{1, G}$ и $j_g = \overline{1, J_g}$ приводит к необходимости двухуровневой модели агрегирования показателей мониторинго-рейтингового оценивания.

Двухуровневость структурной модели требует адекватной трансформации этой особенности в моделях интегрального оценивания как для задач рейтингования, так и принятия управленческих решений. Типичные модели [4] интегральных критериев (сверток) при поиске оптимально-компромиссного решения являются одноуровневыми. Так для нумерационного множества $g = \overline{1, G}$ вводится среднестепенная свертка

$$F = \left(\frac{1}{G} \sum_{g=1}^G f_g^\beta \right)^{\frac{1}{\beta}},$$

которая при $\beta = 1$ преобразуется в аддитивную с постоянными весовыми коэффициентами $\lambda_g = \frac{1}{G}$, то есть $F = \frac{1}{G} \sum_{g=1}^G f_g$, а при $\beta = 0$ в мультипликативную $F = \prod_{g=1}^G f_g$. Поэтому требуется проведение дополнительных исследований при формировании двухуровневой модели интегрального оценивания по значениям показателей $f_{ijg}, i = \overline{1, I}, j_g = \overline{1, J_g}, g = \overline{1, G}$ значений обобщенного показателя

$$F_i = \Psi(\lambda_g, \lambda_{jg}, \hat{f}_{ijg}), \quad (1)$$

где $\Psi(-)$ – функция, зависящая от выбора типа модели на первом и втором уровне сворачивания показателей;

λ_g – значения параметров на первом уровне сворачивания;

λ_{jg} – значения параметров на втором уровне сворачивания;

\hat{f}_{ijg} – нормированные на заданном интервале $[0, A]$ безразмерные значения показателей f_{ijg} на основе значений F_i .

Если вид функции Ψ (структура модели интегрального оценивания) определяется выбором типа модели на первом и втором уровне сворачивания показателей, то оценка параметров $\lambda_g, g = \overline{1, G}, j_g = \overline{1, J_g}$ зависит от выбора метода сворачивания. В случае использования метода априорного сворачивания параметры вычисляются с использованием экспертной информации. Типичными процедурами экспертиз является метод логического упорядочения Черчмена-Акофа и метод оценки бинарных отношений предпочтения между показателями [4]. Апостериорное сворачивание осуществляется в ситуациях, когда имеющейся экспертной информации не хватает для получения интегральной оценки, адекватно отражающей значимость всех показателей. В этом случае возникает необходимость либо в адекватном накоплении дополнительной количественной информации, либо использование массивов ретроспективной информации. В первом случае это накопление удается за счет проведения реальных экспериментов и возможности определения параметров λ по дисперсионным отношениям [3], либо коэффициентам относительного разброса [4]. Во втором случае в работе предлагается проведение имитационных экспериментов. Возможен также адаптивный подход, когда каждый последующий эксперимент, в отличие от апостериорного сворачивания, осуществляется с учетом результатов предыдущего. Реализация адаптивного подхода требует рандомизированных схем проведения экспериментов [5]. Именно сочетание адаптивного подхода с имитационным моделированием на основе комплексного использования ретроспективной и экспертной информации, рандомизированных схем, учета дисперсионных отношений представляет собой отличительную особенность метода сворачивания в случае двухуровневой модели интегрального оценивания.

Наиболее целесообразные варианты комплексирования рассмотренных методов выбора структуры и параметров двухуровневой модели интегрального оценивания (1) приведены в Таблице. При этом варианты 1-3 уже апробированы с системами рейтингования вузов и в задачах управления, базирующихся на использовании мониторинговой информации, варианты 4-7 введены в работу для последующей апробации адаптивного подхода. Если отказаться от применения экспертного оценивания при априорном сворачивании в вариантах 1-3, 6, то адаптивный подход возможно апробировать для всех семи вариантов.

Таблица - Варианты комплексования методов выбора структуры и параметров двухуровневой модели интегрального оценивания

№ варианта	Уровень нумерационного множества $j_g = \overline{1, J_g}$		Уровень нумерационного множества $g = \overline{1, G}$		Примечания
	Структура	Параметры	Структура	Параметры	
1.	$f_{ig} = \frac{1}{J_g} \sum_{j_g=1}^{J_g} \hat{f}_{ijg}$	Постоянные весовые коэффициенты $\lambda_{jg} = \frac{1}{J_g}$	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Метод логического упорядочения	Апробирование при управлении распределением КЦП
2.	$f_{ig} = \sum_{j_g=1}^{J_g} \hat{f}_{ijg}$	Использование коэффициентов относительного разброса (δ_{jg}) $\lambda_{jg} = \frac{\delta_{jg}}{\sum_{j_g=1}^{J_g} \delta_{jg}}$ $\delta_{jg} = \frac{f_{ijg}^{max} - f_{ijg}^{min}}{f_{ijg}^{min}}$, $f_{ijg}^{max}, f_{ijg}^{min}$ – соответственно максимальное и минимальное значение показателя f_{ig} на нумерационном множестве $i = \overline{1, I}$	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Метод логического упорядочения	Апробирование при управлении положением в рейтинге
3.	$f_{ig} = \frac{1}{J_g} \sum_{j_g=1}^{J_g} \hat{f}_{ijg}$	Постоянные весовые коэффициенты $\lambda_{jg} = \frac{1}{J_g}$	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Метод оценки бинарных отношений предпочтения между направлениями $g = \overline{1, G}$	Апробировано в действующих рейтинговых системах
4.	$f_{ig} = \left(\frac{1}{J_g} \sum_{j_g=1}^{J_g} \hat{f}_{ijg} \right)^{\alpha}$	$\alpha \in [2, 2]$	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Адаптивный подход	Требует апробации при управлении эффективностью деятельностью вуза

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
5.	$f_{ig} = \prod_{i_g}^{J_g} \hat{f}_{ijg}$	-	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Адаптивный подход	Требует апробации при управлении эффективностью деятельностью вуза
6.	$f_{ig} = \sum_{j_g=1}^{J_g} \lambda_{jg} D_{jg}$	$\lambda_{jg} = \frac{D_{jg}}{D_g},$ где D_{jg} – оценка дисперсии показателя $D_{jg} = \frac{\sum_{i=1}^I (\hat{f}_{ijg} - \bar{f}_{jg})^2}{I - 1}$ $\bar{f}_{jg} = \frac{\sum_{i=1}^I \hat{f}_{ijg}}{I}$	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Любой метод экспертного оценивания при априорном сворачивании	Требует апробации при управлении эффективностью деятельностью вуза
7.	$f_{ig} = \sum_{j_g=1}^{J_g} \lambda_{jg} \hat{f}_{ijg}$	D_g – оценка суммарной дисперсии g -го направления $D_g = \frac{\sum_{i=1}^I \left(\sum_{j_g=1}^{J_g} \hat{f}_{ijg} - \bar{f}_g \right)^2}{I - 1}$ $\bar{f}_g = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j_g=1}^{J_g} \hat{f}_{ijg}}{I}$	$F_i = \sum_{g=1}^G \lambda_g f_{ig}$	Адаптивный подход	Требует апробации при управлении эффективностью деятельностью вуза

Необходимо отметить, что для большинства вариантов адаптивный подход выбора параметров требуется на уровне нумерационного множества $g = \overline{1, G}$, только в варианте 7 адаптация параметров рассматривается на двух уровнях.

Рассмотрим в качестве основной формы реализации адаптивного подхода к выбору эффективной двухуровневой модели интегрального оценивания процедуру имитационного эксперимента.

В данном случае под имитационным экспериментом будем понимать вычислительную процедуру формирования рейтинговой последовательности вузов на основе ретроспективной информации о значениях мониторируемых показателей $f_{ijg}, i = \overline{1, I}, j_g = \overline{1, J_g}, g = \overline{1, G}$ и поиска наилучшей структуры и параметров двухуровневой модели интегрального оценивания по определенному критерию. Процесс поиска наилучшей структуры рассматривается, как структурная идентификация модели, а параметров – как параметрическая идентификация в

рандомизированной среде. При этом вместо экспертного оценивания предпочтений на множестве мониторируемых показателей вводится экспертное оценивание на множестве рейтинговых последовательностей.

Сформируем исходные данные для проведения эксперимента.

1. Группой экспертов согласовывается обучающее нумерационное множество рангов $(i^0(i))$, на основе мнения об известности качества образования в вузе и его положения в рейтинге.
2. Подготавливается обучающая выборка значений показателей f_{ijg} , $i = \overline{1, I}$, $j_g = \overline{1, J_g}$, $g = \overline{1, G}$.
3. Определяется набор альтернативных вариантов моделей интегрального оценивания $F_i = \varphi(f_{ijg})$ (таблица).
4. Вводится три способа нормирования показателей f_{ijg} .

Первый – ориентирован на использование обучающей выборки для построения ранговой последовательности по каждому показателю $i'_{jg}(i)$ с последующим переводом дискретных значений i'_{jg} на единую безразмерную шкалу $[0, A]$ путем преобразования $\widehat{f}_{ijg} = \theta(i'_{jg})$, где θ -преобразующая функция.

Второй – определяется линейным преобразованием искомым показателей в единую безразмерную шкалу $[0, A]$ без предварительного рангового упорядочения с учетом максимального f_{jg}^{\max} и минимального f_{jg}^{\min} значений в выборке

$$\widehat{f}_{ijg} = \frac{f_{ijg} - f_{jg}^{\min}}{f_{jg}^{\max} - f_{jg}^{\min}} * A.$$

Третий – использует статистические характеристики оценки математических ожиданий $m(f_{jg})$, среднеквадратичного отклонения $\sigma(f_{jg})$, вычисленные на основе обучающей выборки и функцию, позволяющую преобразовать значения показателей в единую безразмерную шкалу $[0, A]$.

Для выбора структуры и параметров моделей интегрального оценивания введем критерий оптимизации в виде Хеммингового расстояния между номером позиции -того вуза в обучающей выборке представленными в двоичном исчислении i_i^0 и номером позиции того же вуза, вычисленном в результате имитационного эксперимента $i_i^{\hat{p}}(i)$.

$$\sum_{i=1}^I |i_i^0 - i_i^{\hat{p}}| \rightarrow \min. \quad (2)$$

Определение полученного варианта структуры функции ψ и способа нормирования по критерию (2) достигается путем полного перебора всех сочетаний. Внутренним циклом перебора является параметрическая идентификация с использованием рандомизированной схемы численной оптимизации по вектору параметров λ [5]

$$\sum_{i=1}^I |\hat{t}_i^0 - \hat{t}_i^3(\lambda)| \rightarrow \min_{\lambda} \quad (3)$$

Таким образом структуризация мониторинго-рейтинговой информации о деятельности вузов позволяет создать предпосылки для интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений на основе эффективного сочетания, формализованных за счет организации и проведения имитационного эксперимента и экспертных процедур при выборе структуры и параметров перспективных двухуровневых моделей интегрального оценивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячко В. В. Оптимизация управления положением вуза в рейтинге на основе ГИС-ориентированного мониторинго-рейтингового оценивания / И. Я. Львович, О. Н Чопоров // Экономика и менеджмент систем управления – 2017-№3(25) – с.57-64.
2. Карелина И. Г. Мониторинг деятельности образовательных организаций – инициатива системных изменений в высшем образовании / И. Г Карелин, А. Б Соболев, С. О Сорокин // Высшее образование сегодня. -2015. - №7. - 4.2. – с.55-61.
3. Львович И. Я. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения / И. Я. Львович, Я. Е. Львович, В. Н. Фролов. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. – 444с.
4. Батищев Д. И. Оптимизация в САПР / Д. И. Батищев, Я. Е. Львович, В. Н. Фролов. – М.: Высшая школа, 1977. – 416с.
5. Львович Я. Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде / Я. Е. Львович, И. Я. Львович. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010 – 140с.

V.V. Goriachko, I.E. Lvovich

IMITATION EXPERIMENT ON STRUCTURAL AND PARAMETRIC IDENTIFICATION OF MODELS OF INTEGRATED ASSESSMENT OF MONITORING-RATING INFORMATION ON HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS ACTIVITIES

Federal State -Funded Educational Institution of Higher Education "Lomonosov Moscow State University" Russia, Moscow

Autonomous Non-profit Educational Organization of Higher Education "Voronezh Institute of High Technologies", Russia, Voronezh

The article deals with the problem of integrated evaluation of monitoring and rating information on higher educational institutions activities, focused on possibilities of intellectual support for managerial decision making. The formalized presentation of monitoring and rating data is considered and the necessity of generation of a two-level model of integral assessment is introduced. The most efficient variants of the structural and parametric representation of the models of indices folding and the initial information normalization are provided. The possibility of carrying out an imitation experiment on the structural and parametric identification of models is substantiated. For the adaptive choice of structure and parameters, an optimization criterion in the form of a Hamming distance with the use of randomized search schemes is introduced. The conclusion about the effectiveness of combination of formalized and expert procedures for selection of perspective models of integral assessment on the basis of simulation experiments is effectuated.

Keywords: monitoring, rating, integral assessment, simulation experiment, optimization.

REFERENCES

1. Goryachko V. V. Optimizatsiya upravleniya polozheniem vuza v reytinge na osnove GIS-orientirovannogo monitoringo-reytingovogo otseni-vaniya / I. Ya. L'vovich, O. N Choporov // *Ekonomika i menedzhment si-stem upravleniya* – 2017-№3(25) – s.57-64.
2. Karelina I. G. Monitoring deyatel'nosti obrazovatel'nykh organi-zatsiy – initsiativa sistemnykh izmeneniy v vysshem obrazovanii / I. G Karelin, A. B Sobolev, S. O Sorokin // *Vysshee obrazovanie sego-dnya*. -2015. - №7. - 4.2. – s.55-61.
3. L'vovich I. Ya. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i opti-mizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya / I. Ya. L'vovich, Ya. E. L'vo-vich, V. N. Frolov. – Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga», 2016. – 444s.
4. Batishchev D. I. Optimizatsiya v SAPR / D. I. Batishchev, Ya. E. L'vovich, V. N. Frolov. – M.: Vysshaya shkola, 1977. – 416s.
5. L'vovich Ya. E. Prinyatie resheniy v ekspertno-virtual'noy srede / Ya. E. L'vovich, I. Ya. L'vovich. – Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga», 2010 – 140s.