

УДК 004.62

С.В. Разумников

## Алгоритм и программное обеспечение для построения агрегированных рейтингов

При принятии решений о выборе какой-либо альтернативы необходимо узнать, какой из рассматриваемых вариантов будет лучше. Здесь важно установить критерии, по которым будет производиться оценка, и определиться со шкалой. При этом следует уделить внимание некомпенсаторному характеру значений критериев. Учесть эти нюансы позволяет метод порогового агрегирования, используя который, можно построить рейтинг, который будет отражать сравнительную значимость различных альтернатив для предприятия. Использование данного метода не позволит компенсировать низкие оценки экспертов другими более высокими оценками по другим критериям. В статье представлены схема этапов оценки по некомпенсаторной модели порогового агрегирования для построения рейтингов и алгоритм для разработки программного обеспечения «Формирование агрегированного рейтинга». Данная модель была запрограммирована на языке С# в среде Visual Studio 2019.

**Ключевые слова:** пороговое агрегирование, модель, алгоритм, схема, программа, рейтинг, критерии, альтернативы, градации.

**doi:** 10.21293/1818-0442-2021-24-2-39-44

Проблема выбора наилучшей альтернативы является одной из важных направлений в теории принятия решений [1]. Как правило, при выборе альтернативы оцениваются по множеству критериев и формируется проранжированный вектор, по которому уже определяются лучшие. В случае важного выбора необходимо учитывать некомпенсаторный характер значений критериев. Поэтому оценка альтернатив без учета компенсаций является современной актуальной задачей [1–3].

Для избегания проблемы с компенсацией предлагается сформировать агрегированный рейтинг с применением правила порогового агрегирования, который используется в задачах многокритериальной оценки. Особенность этого правила в некомпенсаторном характере, который заключается в том, что невозможно будет компенсировать низкое значение критерия другими более высокими значениями. Благодаря этому свойству уменьшится возможность принудительного улучшения альтернативы своих значений в рейтинге [4–7].

Целью данной работы является разработка схемы, алгоритма и программного обеспечения для построения агрегированного рейтинга некомпенсаторным методом порогового агрегирования.

### Модель порогового агрегирования

Пусть  $k$  – это количество альтернатив, которые необходимо оценить по  $n$  критериям. В задаче для построения рейтинга в качестве альтернатив могут выступать различные субъекты или объекты, например сотрудники, поставщики или проекты. Подробное описание модели приведено в [4].

Оцениваться альтернативы могут по выбранной градационной шкале, которая может быть от двух и выше. Часто применяется пятиградационная шкала, так как это привычная для эксперта шкала оценивания (например, в школах и университетах). Также удобна 10-балльная шкала для разнесения по градациям. Более 10 использовать не уместно, хотя

и возможно. Будем придерживаться десятиградационной шкалы для создания программного обеспечения при построении агрегированных рейтингов. Приведем пример десятиградационной шкалы оценок (табл. 1) для разнесения значений показателей альтернатив по градациям. Пусть  $m$  – это число градаций.

Таблица 1

10-градационная шкала оценок

Балл	Описание значения
1	Самое худшее значение показателя
2	Показатель чуть выше минимальных значений
3	Показатель более высокий по сравнению с минимальным значением
4	Значение показателя на хорошем уровне
5	Значение выше хорошего уровня
6	Очень хороший уровень показателя
7	Отличный уровень
8	Показатель более низкий по сравнению с максимальным значением
9	Показатель чуть ниже максимальных значений
10	Самый высокий показатель

### Алгоритм разработки программного обеспечения

Алгоритм программы состоит из 5 этапов-выводов. После ввода данных сначала находится количество одинаковых оценок. Далее сумма  $V_j(x)$ . Потом определяются значения  $a$  и  $b$ . Причем значения  $a$  еще и для идеального варианта, 4-й вывод – это значения сочетаний для  $F_{(x)}$  и  $F_{\max}$ . И последнее – вывод расчета индекса предпочтения и нормированного индекса. Вывод 5 данных будет выполнен специально для просмотра промежуточных результатов при расчетах плюс удобство в программировании.

На рис. 1 представлена схема (алгоритм) этапов оценки по модели некомпенсаторного агрегирования.

На рис. 2 представлен алгоритм разработки программного обеспечения для формирования агрегированных рейтингов.



Рис. 1. Схема этапов оценки по модели некомпенсаторного агрегирования

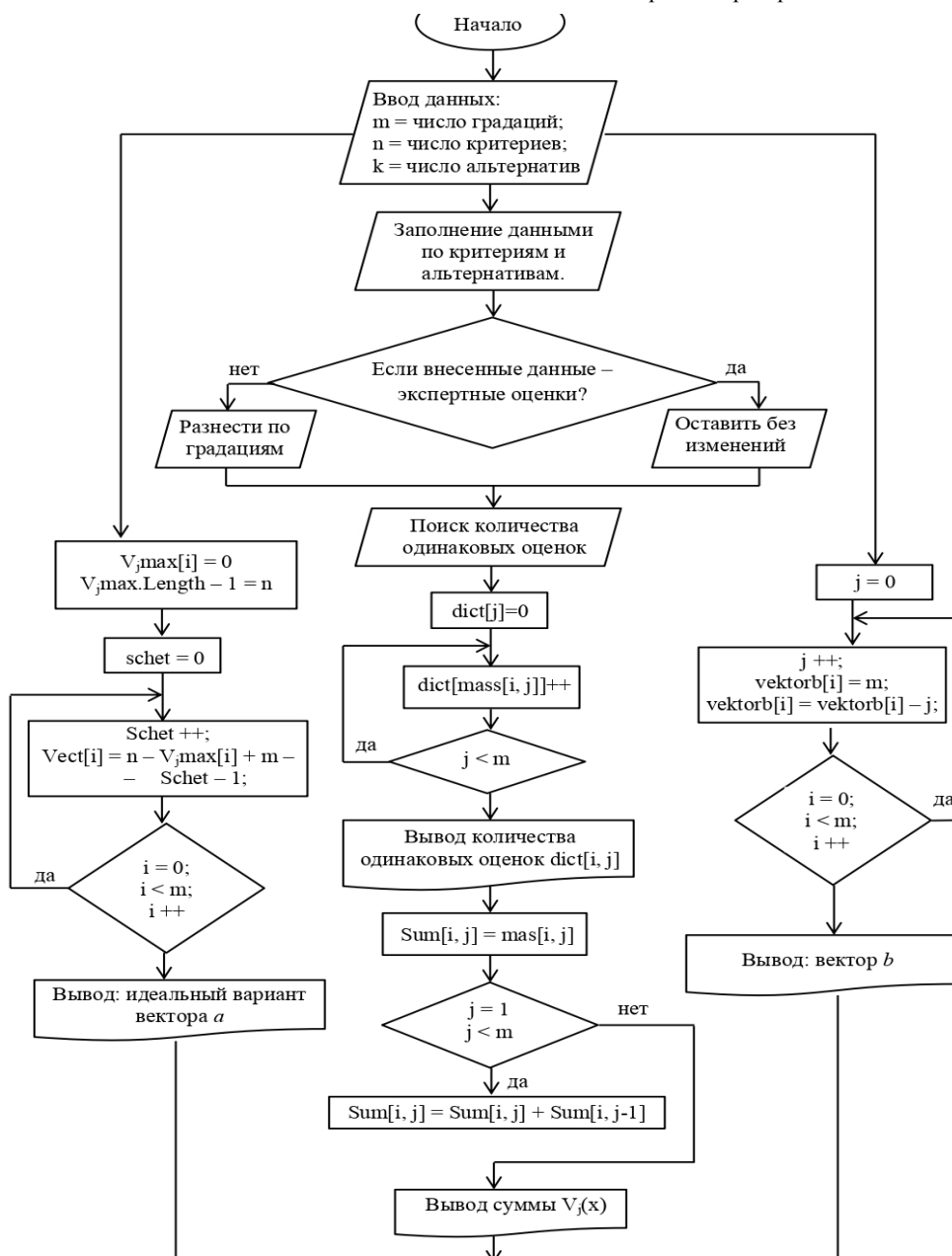


Рис. 2 (начало)

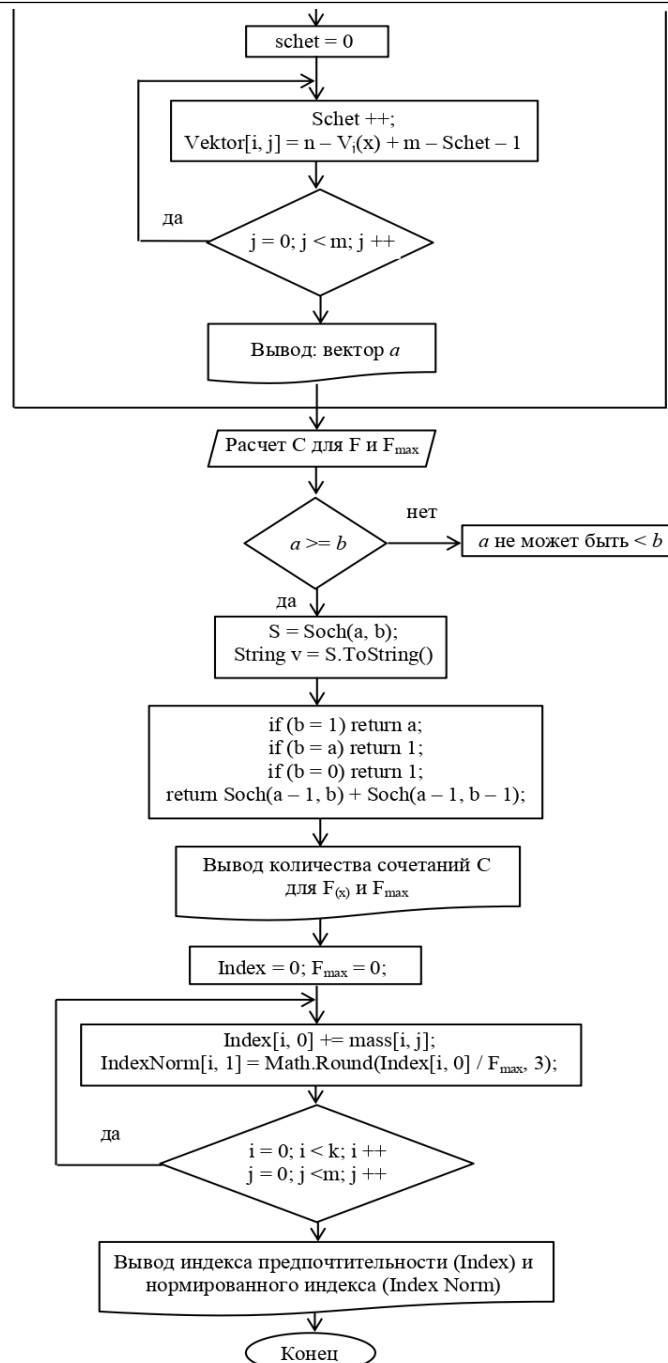


Рис. 2 (окончание). Алгоритм программы «Формирование агрегированного рейтинга»

Для получения агрегированного рейтинга оцениваемых объектов необходимо выполнение этапов, представленных в данной схеме.

Программа реализует следующие функции:

1. Учет данных об альтернативах, критериях и градациях для оценивания.
2. Расчет параметров и количества сочетаний.
3. Расчет индекса предпочтения для построения агрегированного рейтинга.
4. Формирование графика рейтинга.

#### Программа для построения агрегированных рейтингов и анализ результатов оценки рейтинга

На основе модели некомпенсаторного агрегирования и построенного алгоритма была разработана программа «Формирование агрегированных рейтингов»

на языке С#. Согласно построенному алгоритму в программе предусмотрено 5 выводов данных, включая итоговый – индекс предпочтения, на основе которого и будет строиться рейтинг.

Заполнение базы данных по альтернативам и критериям может быть уникальным для каждого предприятия, исходя из его специфики. Программа разработана максимально универсально для любой области, где можно так или иначе составлять рейтинги. На рис. 3 представлено диалоговое окно для построения обобщенного рейтинга провайдеров облачных услуг.

Рассмотрим пример построения рейтинга для провайдеров облачных услуг на основе реальных данных, полученных аналитическими компаниями.

Оценку проведем по 5 критериям: выручка за услуги IaaS за 2018 и 2019 гг.; соотношение выручки; доля выручки IaaS от совокупной выручки предприятия и

количество клиентов (заказчиков IaaS). На основе полученного рейтинга проведем анализ результатов оценки рейтинга.

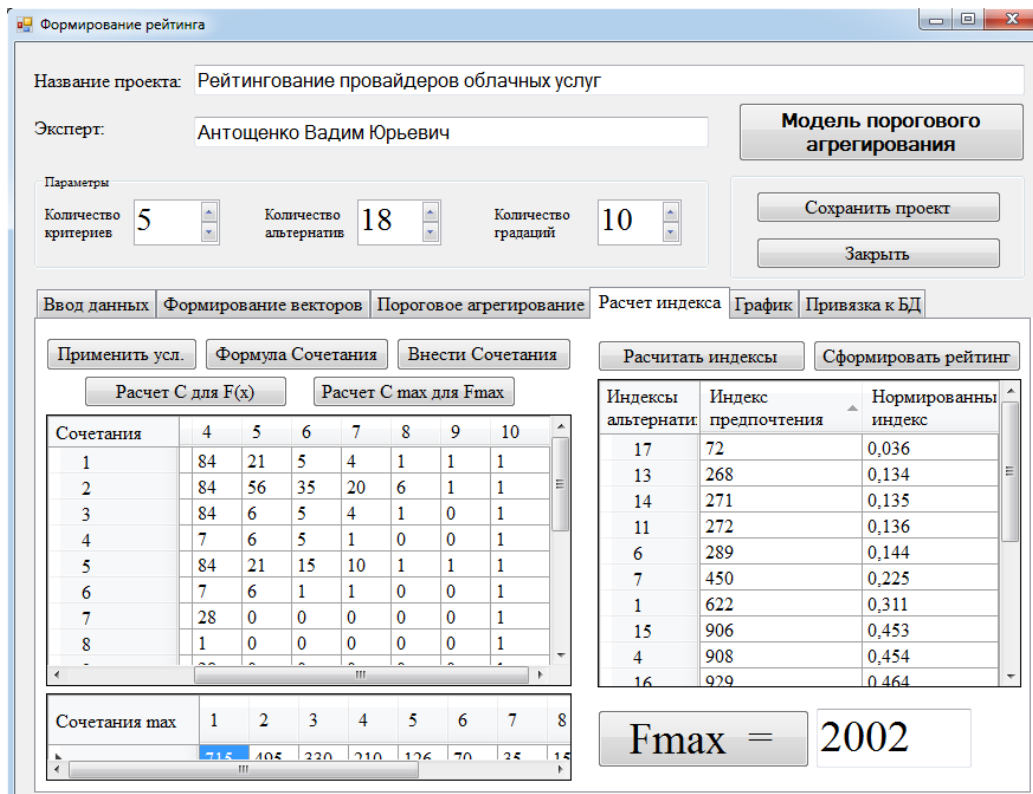


Рис. 3. Диалоговое окно программы «Формирование агрегированных рейтингов», вкладка «Расчет индекса»

В примере рассмотрим данные 18 крупнейших поставщиков IaaS. При построении рейтинга в качестве альтернатив будут выступать конкретные фирмы-поставщики IaaS-услуг. Данные по критериям внесем в программу и выполним все расчеты. Результаты сформированного проранжированного рейтинга представлены на рис. 3 в диалоговом окне программы и в табл. 2.

Таблица 2

Рейтинг поставщиков IaaS  
со значениями индекса предпочтения

№ п/п	Наименование провайдера	Индекс предпочтения	Нормированный индекс
1	Selectel	1673	0,836
2	ИТ-ГРАД	1533	0,766
3	Ростелеком	1432	0,715
4	M1Cloud	1364	0,681
5	IBS	1361	0,6798
6	OnCloud	1250	0,624
7	Oxygen	1230	0,614
9	DataLine	929	0,464
10	ОблакоТеха	908	0,454
8	RUVDS.com	906	0,453
11	Softline	622	0,311
12	Сервионика	450	0,225
13	Крок	289	0,144
14	CorpSoft24	272	0,136
15	3data	271	0,135
16	Linxdatacenter	268	0,134
17	Caravan Aero	72	0,036
18	LanCloud	34	0,017

Данные расчеты также были выполнены и вручную для проверки правильности работы программы, ее тестирования. Результат полностью сошелся, что говорит о правильности написания программного кода. Использование программы позволяет за считанные секунды после внесения данных рассчитать итоговый индекс предпочтения. Это значительно ускоряет процесс построения рейтинга. Вручную, даже с использованием онлайн-калькуляторов при нахождении количества сочетаний по комбинаторной формуле, данный процесс занял несколько часов.

В результате расчетов по модели некоторые позиции векторов, которые были сначала представлены для поставщиков, изменились. Это говорит о том, что простое упорядочивание по баллам не даст точный результат. Только после выполненных расчетов по модели порогового агрегирования можно утверждать о верной позиции в рейтинге.

Из полученных расчетов по модели лучшим в рейтинге поставщиком IaaS является Selectel. Его индекс предпочтения равен 1673. LanCloud со значением 34 занимает последнее место в рейтинге.

С использованием программы был построен рейтинг крупнейших поставщиков IaaS, который отражает сравнительную значимость различных IaaS-провайдеров для предприятия. Согласно построенному рейтингу можно выбрать лучшего провайдера при использовании облачных услуг.

### Заключение

При принятии решений о выборе какой-либо альтернативы необходимо узнать, какой из рассматриваемых вариантов будет лучше. Здесь важно установить критерии, по которым будет производиться оценка, и определиться со шкалой. При этом следует уделить внимание некомпенсаторному характеру значений критериев. Учесть эти нюансы позволяет метод порогового агрегирования, используя который, можно построить рейтинг, который будет отражать сравнительную значимость различных альтернатив для предприятия.

В статье представлена модель некомпенсаторного агрегирования для построения рейтингов, в основе которой лежит правило порогового агрегирования, применяемого в задачах многокритериального оценивания. Были разработаны схема этапов оценки по данной модели и алгоритм для разработки программного обеспечения «Формирование агрегированного рейтинга». Данная модель была запрограммирована на языке C# в среде Visual Studio 2019. Приведен пример расчета и построения рейтинга в программе для поставщиков облачных услуг.

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ.

### Литература

1. Разумников С.В. Планирование развития облачной стратегии на основе применения многокритериальной оптимизации и метода STEM // Доклады ТУСУР. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 53–61.
2. Multi-criteria optimization and decision-making in radiotherapy / S. Breedveld, D. Craft, R. Haveren, B. Heijmen // European Journal of Operational Research. – 2019. – Vol. 277, No. 1. – P. 1–19.
3. Measurement of chip morphology and multi criteria optimization of turning parameters for machining of AISI 4340 steel using Y-ZTA cutting insert / B.K. Singh, H. Roy, B. Mondal, S.S. Roy, N. Mandal // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation. – 2019. – Vol. 142. – P. 181–194.
4. Разумников С.В. Некомпенсаторное агрегирование и рейтингование провайдеров облачных услуг // Доклады ТУСУР. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 63–69.
5. Sensitivity analysis and multi-criteria optimization of SMA cable restrainers for longitudinal seismic protection of isolated simply supported highway bridges / J.Q. Wang, S. Li, F. Hedayati Dezfuli, M.S. Alam // Engineering Structures. – 2019. – Vol. 189. – P. 509–522.
6. Андрейчиков А.В. Системный анализ стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: ЛИБРИКОМ, 2013. – 304 с.
7. Алескеров Ф.Т. Бинарные отношения, графы и коллективные решения / Ф.Т. Алескеров, Э.Л. Хабина, Д.А. Шварц. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2012. – 344 с.
8. Калягин В.А. Аксиоматическая модель некомпенсаторного агрегирования: Препринт WP7/2009/01 / В.А. Калягин, В.В. Чистяков. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2009. – 76 с.
9. Алескеров Ф.Т. Оценка вклада научных работников методом порогового агрегирования / Ф.Т. Алескеров, Е.С. Катаева, В.В. Писляков, А.И. Якуба // Управление большими системами. – Спец. вып. 44: Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. – 2013. – С. 172–189.
10. Алескеров Ф.Т. Пороговое агрегирование трехградационных ранжировок / Ф.Т. Алескеров, Д.А. Юзбашев, В.И. Якуба // Автоматика и телемеханика. – 2007. – Вып. 1. – С. 147–152.
11. Aleskerov F. A threshold aggregation of three-graded rankings / F. Aleskerov, V. Yakuba, D. Yuzbashev // Math. Social Sci. 53. – 2007. – P. 106–110.
12. Aleskerov F. The threshold aggregation / F. Aleskerov, V.V. Chistyakov, V.A. Kalyagin // Econ. lett. 107. – 2010. – No. 2. – P. 161–162.
13. Aleskerov F. Social threshold aggregations / F. Aleskerov, V. Chistyakov, V. Kalyagin // Social Choice and Welfare. – 2010. – Vol. 35, No. 4. – P. 627–646.
14. Sultan N. Knowledge management in the age of cloud computing and Web 2.0: Experiencing the power of disruptive innovations // International journal of information management. – 2013. – Vol. 33, No. 1. – P. 160–165.
15. Maroukhine O.V. Expert support system for making decision by the results of computer-based testing within the ends of teaching quality evaluation / O.V. Maroukhine, O.G. Berestneva // Proceedings – KORUS 2003: 7th Korea–Russia International Symposium on Science and Technology. – 2003. – Vol. 2. – P. 416–419.
16. Razumnikov S.V. Integrated model to assess cloud deployment effectiveness when developing an IT-strategy / S.V. Razumnikov, D. Prankevich // IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 127: Urgent Problems of Modern Mechanical Engineering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/127/1/012018>, свободный (дата обращения: 16.05.2021).

### Разумников Сергей Викторович

Канд. техн. наук, доцент Юргинского технологического института (ф-ла) Национального исследовательского Томского политехнического университета  
Ленинградская ул., 26, г. Юрга, Россия, 652057  
Тел.: +7 (384-5) 17-77-64  
Эл. почта: demolove7@inbox.ru

Razumnikov S.V.

### Algorithm and Software for Building Aggregated Rankings

When deciding on the choice of any alternative, it is necessary to find out which of the considered options will be better. In this perspective it is important to establish the assessment criteria and to determine the scale. In this case, the attention should be paid to the non-compensatory nature of the values of the criteria. The method of threshold aggregation allows considering these nuances. Using it, one can build a ranking that will reflect the comparative importance of various alternatives for the enterprise. The use of this method will prevent from compensating the low scores of experts with other higher scores on other criteria. The article presents a non-compensatory aggregation model to compile rankings, which is based on the threshold aggregation rule. A diagram of the assessment stages for this model and an algorithm for the de-

velopment of software «Compiling an Aggregated Ranking» are presented. This model was programmed in C # in the Visual Studio 2019 environment.

**Keywords:** threshold aggregation, model, algorithm, scheme, program, rating, criteria, alternatives, gradations.

**doi:** 10.21293/1818-0442-2021-24-2-39-44

### References

1. Razumnikov S.V. [Planning the development of a cloud strategy based on the application of multicriteria optimization and the STEM method]. *Proceedings of the TUSUR University*, 2020, vol. 23, no. 1, pp. 53–61 (in Russ.)

2. Breedveld S., Craft D., Haveren R., Heijmen B. Multi-criteria optimization and decision-making in radiotherapy. *European Journal of Operational Research*, 2019, vol. 277, no. 1, pp. 1–19.

3. Singh B.K., Roy H., Mondal B., Roy S.S., Mandal N. Measurement of chip morphology and multi criteria optimization of turning parameters for machining of AISI 4340 steel using Y-ZTA cutting insert. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 2019, vol. 142, pp. 181–194.

4. Razumnikov S.V. [Non-compensatory aggregation and rating of cloud service providers]. *Proceedings of the TUSUR University*, vol. 21, no. 4, pp. 63–69 (in Russ.).

5. Wang J.Q., Li S., Hedayati Dezfali F., Alam M.S. Sensitivity analysis and multi-criteria optimization of SMA cable restrainers for longitudinal seismic protection of isolated simply supported highway bridges. *Engineering Structures*, 2019, vol. 189, pp. 509–522.

6. Andreichikov A.V., Andreichikova O.N. [Systematic analysis of strategic decisions in innovation. Mathematical, heuristic and intellectual methods of system analysis and synthesis of innovations]. Moscow, Book House «LIBRICOM», 2013. 304 p.

7. Aleskerov F.T., Habina E.H.L., Shvarc D.A. [Binary relationships, graphs and collective solutions]. Moscow, Fismatlit, 2012. 344 p. (in Russ.).

8. Kalyagin V.A., Chistyakov V.V. [Axiomatic model of non-compensatory aggregation]. Preprint. Moscow, GU VShE publ., 2009, 76 p. (in Russ.).

9. Aleskerov F.T., Kataeva E.S., Pisyakov V.V., Yakuba A.I. Ocenka vklada nauchnyh rabotnikov metodom porogovogo agregirovaniya [Assessment of the contribution of

researchers by the method of threshold aggregation]. *Upravlenie bol'shimi sistemami* [Large system management]. 2013, pp. 172–189 (in Russ.).

10. Aleskerov F.T., Yuzbashev D.A., Yakuba V.I. Porogovoe agregirovanie trekhgradacionnyh ranzhirovok [Threshold aggregation of three-grade rankings]. *Avtomatika i telemekhanika*. [Automation and Remote Control], 2007, vol. 1, pp. 147–152 (in Russ.).

11. Aleskerov F., Yakuba V., Yuzbashev D. A threshold aggregation of three-graded rankings. *Math. Social Sci.*, 53, 2007, pp. 106–110.

12. Aleskerov F., Chistyakov V.V., Kalyagin V.A. The threshold aggregation. *Econ. Let.*, 107, 2010, № 2, pp. 161–162.

13. Aleskerov F., Chistyakov V., Kalyagin V. *Social threshold aggregations // Social Choice and Welfare*, 2010, vol. 35, no. 4, pp. 627–646.

14. Sultan N. Knowledge management in the age of cloud computing and Web 2.0: Experiencing the power of disruptive innovations. *International Journal of Information Management*, 2013, vol. 33, no. 1, pp. 160–165.

15. Maroukhine O.V., Berestneva O.V. Expert support system for making decision by the results of computer-based testing within the ends of teaching quality evaluation. *Proceedings – KORUS 2003: 7th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology*, 2003, vol. 2, pp. 416–419.

16. Razumnikov S.V., Prankevich D.P. Integrated model to assess cloud deployment effectiveness when developing an IT-strategy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, vol. 127. Urgent Problems of Modern Mechanical Engineering. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/127/1/012018>, free. (Accessed: May 16, 2021).

### Sergey V. Razumnikov

Candidate of Science in Engineering, Associate Professor, Department of Digital Technology, Yurga Technological Institute (branch) of the National Research Tomsk Polytechnic University 26, Leningradskaya st., Yurga, Russia, 652055  
Phone: +7 (384-5) 17-77-64  
Email: demolove7@inbox.ru