

16. Vasil'ev A.V., Mazurov V.D. Vysshaya algebra: Konspekt lektsiy. V 2 ch. [Higher Algebra: Lecture Notes. In 2 part]. Novosibirsk: Novosib. gos. un-t, 2010, Part 1, 143 p.
17. Ricky Aditya, Muhammad Taufiq Zulfikar, Ngarap Imanuel Manik. Testing Division Rings and Fields Using a Computer Program, *Procedia Computer Science*, 2015, Vol. 59, pp. 540-549.
18. Doronchenko Yu.I. Metod operatsionno-grafovogo opisaniya odnovremennykh vychisleniy dlya mnogoprotsessornykh sistem [Method of operational graph description of simultaneous computations for multiprocessor systems], *Mater. Mezhdunar. nauch.-tekh. konf. "Mnogoprotsessornye vychisl. i upravlyayushchie sistemy – 2007"* [Materials of the International Scientific and Technical Conference "Multiprocessor computing and Control systems - 2007"]. Taganrog: TPI YuFU, 2007, Vol. 1, pp. 11-17.
19. Stanishevskiy O.B. Effektivnost' arifmeticheskoy obrabotki pri konveyernykh i neyrokonveyernykh vychisleniyakh [The efficiency of arithmetic processing in conveyor and neuroconveyor calculations], *Konveyernye vychislitel'nye sistemy: Tezisy dokladov* [Conveyor computing systems: Abstracts]. Kishinev, 1988.
20. Dudko S.A. Ekvivalentnye preobrazovaniya rekurrentnykh vyrazheniy v rekonfiguriruemyykh vychislitel'nykh sistemakh [Equivalent transformations of recurrent expressions in reconfigurable computing systems], *Superkomp'yuternye tekhnologii (SKT-2020): Mater. 6-y Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [Supercomputer Technologies (SKT-2020): Materials of the 6th All-Russian Scientific and Technical Conference]. Rostov-on-Don, Taganrog: Izd-vo YuFU, 2020, Vol. 1, pp. 181-183.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. С.Г. Капустян.

Дудко Сергей Анатольевич – Южный федеральный университет; e-mail: dudko@sfedu.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: +79034318173; кафедра интеллектуальных и многопроцессорных систем; аспирант.

Левин Илья Израилевич – e-mail: iilevin@sfedu.ru; тел.: 88634612111; кафедра интеллектуальных и многопроцессорных систем; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор.

Dudko Sergei Anatolievich – Southern Federal University, e-mail: dudko@sfedu.ru; Taganrog, Russia; phone: +79034318173; the department of intellectual and multiprocessor systems; graduate student.

Levin Ilya Izrailevich – e-mail: iilevin@sfedu.ru; phone: +78634612111; head of department of intellectual and multiprocessor systems; head of department; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 004.633

DOI 10.18522/2311-3103-2021-5-168-176

Н.К. Жуков, В.А. Мордвинов, А.А. Русяков

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ИДЕАЛЬНОЙ ТОЧКИ В НОРМИРОВАНИИ И ГАРМОНИЗАЦИИ КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Рассмотрена разработанная авторизованная методика, основанная на Методе идеальной точки с использованием множества Парето, позволяющая с современных технологических позиций взглянуть на особенности информационного взаимодействия для оценочной деятельности и регулирования межагентных взаимодействий, которая была положена в основу предложенных при участии авторов обновлений дисциплины Российского Технологического Университета (МИРЭА), Института Информационных технологий, кафедры Инструментального и Прикладного Программного Обеспечения «Информационный менеджмент систем» четвертого курса бакалавриата направления подготовки 09.03.04 «Программная инженерия» (по профилю «Разработка программных продуктов и проектирование информационных систем»). Описаны основные преимущества Метода идеальной точки с применением множества Парето. Представлено математическое описание множества Парето и Метода идеальной точки. Применение модернизированного метода позволяет улучшить показатели эмерджентности в процессе усовершенствования

образовательных программ, соединения и реконструирования их модулей и межагентных взаимодействий между ними. Показан пример реализации модифицированного метода в информационной системе, с точки зрения нормирования и гармонизации образовательного контента. Настоящая статья включает введение, формальную постановку задачи, призванную решить актуальную проблему, рассматриваемую в диссертациях авторов, обзор существующих подходов в указанном методе, описание предлагаемого мультиагентного решения задачи с использованием математической модели, алгоритм реализации, описание применения предложенного подхода применительно к процессу диспетчирования задач и заключение. К основным преимуществам настоящей методики можно отнести выбор критериев, превосходящих другие по набору признаков, в указанном методе предполагается создание «идеального объекта», т. е. некоторого варианта решения, которое может приниматься как наилучшее из возможных решений. Предполагается, что процедура выбора превосходящего объекта состоит из нескольких шагов, формирование «идеального объекта», определение для каждого объекта многокритериального расстояния до «идеального объекта», анализ множества объектов на близость к «идеальному объекту», исключение объектов из изначального множества, которые признаны заведомо неудачными, а так же получение сокращенного множества допустимых объектов; оценка сокращенного множества допустимых объектов на эмерджентные показатели найденного решения.

Множество Парето; Метод идеальной точки; нормирование; гармонизация; когнитивность.

N.K. Zhukov, V.A. Mordvinov, A.A. Ruslyakov

THE MODIFICATION OF THE IDEAL POINT METHOD IN THE NORMALIZATION AND HARMONIZATION OF CONTENT IN INFORMATION SYSTEMS

The article discusses the developed authorized methodology based on the Ideal Point Method using the Pareto set, which makes it possible to look from modern technological positions at the features of information interaction for evaluating activities and regulating inter-agent interactions, which was the basis for the discipline updates of the Russian Technological University proposed with the participation of the authors (MIREA), Institute of Information Technologies, Department of Instrumental and Applied Software "Information Management of Systems" of the fourth year of the bachelor's degree program 09.03.04 "Software Engineering" (specializing in "Software Development and Design of Information Systems"). The main advantages of the Ideal Point Method using the Pareto set are described. The mathematical description of the Pareto set and the Ideal Point Method is presented. The use of the modernized method makes it possible to improve the indicators of emergence in the process of improving educational programs, connecting and reconstructing their modules and inter-agent interactions between them. An example of the implementation of the modified method in the information system is shown, from the point of view of standardization and harmonization of educational content. This article includes an introduction, a formal formulation of the problem, designed to solve an urgent problem considered in the dissertations of the authors, a review of existing approaches in this method, a description of the proposed multi-agent solution to the problem using a mathematical model, an implementation algorithm, a description of the application of the proposed approach in relation to the task scheduling process, and a conclusion ... The main advantages of this technique include the choice of criteria that surpass others in terms of a set of features; this method assumes the creation of an "ideal object", that is, a certain solution option that can be taken as the best possible solution. It is assumed that the procedure for selecting a superior object consists of several steps, the formation of an "ideal object", determination for each object of the multi-criteria distance to the "ideal object", analysis of the set of objects for proximity to the "ideal object", exclusion of objects from the initial set, which are deliberately recognized unsuccessful, as well as obtaining a reduced set of admissible objects; assessment of the reduced set of feasible objects for emergence indicators of the solution found.

Pareto set; Ideal point method; normalization; harmonization; cognition.

Введение. Поисковая функция в образовательных полях мультимедиа заключается в обнаружении и выделении из контентного массива таких медиафайлов, которые содержат информацию, удовлетворяющую информационную, когнитивную потребность пользователя, причём, с максимально возможным качеством воспроизведения в пределах допустимой загруженности системы [19].

К инструментам воздействия, на показатели, отображающие эффективность обнаружения и выделения медиафайлов, уверенно можно отнести нормирование и гармонизацию контента [19, 20].

Авторами настоящей статьи предложено использовать Метод идеальной точки [8] для урегулирования баланса гармонизации и нормирования, поскольку сам этот баланс очень тонкое явление, требующее особой точности, корректности и даже деликатности воздействий. Указанный метод заключается в нахождении границы в множестве Парето, ближайшей к точке утопии [1].

Под множеством Парето здесь понимается множество состояний показателей или параметров, рациональных по Парето, представленных «множеством альтернатив, рациональных в смысле Парето», либо «множеством Парето-рациональных альтернатив» [5]. Граница множества – это ограничение местопребывания зафиксированных точек, в определённой области, за пределами которой перемещение точек недопустимо [9]. Здесь точка утопии – целевая точка, отображающая сочетание наилучших значений всех параметров и/или показателей, не реализуемая при заданных инфологических/морфологических ограничениях [9].

Транскрипции, представленной выше понятийности вошли в базовую Онтологию трёхзвенного соглашения настоящего проекта (управленческого соглашения проекта, языкового/платформенного соглашения проекта, онтологического соглашения проекта) [17], где целеполагание работы направленно на создание, апробации и внедрения в учебно-творческий процесс ВШ РФ обновленных метода и методики гармонизации и нормирования образовательного контента с использованием модифицированного Метода идеальной точки. Это является предметной областью исследования. Объект исследования – информационно-методическое обеспечение учебного процесса [18] в высшей школе. Разработка выполняется в составе Инициативной НИР РТУ МИРЭА «Создание и внедрение в образовательную индустрию методологии и средств информационно-методической поддержки мультисервисного макромедиа обеспечения массового пользователя на основе использования мобильной техники» № госрегистрации АААА-А17-117042410165-8.

В указанном проекте выдвигается гипотеза, согласно которой применение Метода идеальной точки, и использование множества Парето, для рационалистического улучшения образовательного контента повышает эффективность и когнитивность указанной миссии.

Преимущества Метода идеальной точки. Дело в том, что достоинство предложенной модификации метода заключается в том, что решение многокритериальной задачи, описываемой множеством Парето, можно условно свести к однокритериальному подходу [12]. Метод идеальной точки здесь, выбран из числа других возможностей, таких как метод взвешенной суммы критериев [3], метод последовательных уступок [4], обобщённый скалярный критерий [7], метод суммы оценок частных критериев [6] и других, в связи с тем, что важным свойством множества Парето является возможность «выбраковать» из совокупности возможных решений [13] заведомо неудачные, уступающие другим по ряду критериев [10].

Так, например, в процессе апробации предложенного модифицированного метода в диссертационном исследовании соавтора настоящей статьи Н. Жукова «Интегративный подход к менеджменту имитационного моделирования информа-

ционных процессов и систем на основе итерационных аппроксимаций» выделены и выбракованы составляющие, неудовлетворительно вписывающиеся в установленное заданием предельное число допустимых аппроксимаций.

Аналогично, в диссертационной работе А. Русякова «Семиотическое исследование и упорядочение информационного морфизма в портално-сетевых комплексах Расширенной реальности (XR – extended reality)» выделена и показана несостоятельность некоторых семиотических вкладов, относящихся к дополнительному введению в картину XR – реальности конфигурации второстепенной, создающей информационной шум о физических объектах.

Преимущество Метода идеальной точки, в том, что он представляет своим множеством картину хорошо сбалансированных максимумов достижимости многопараметрических оценок и регуляторов, благодаря нахождению ближайшего решения к точке утопии, во множестве решений, представленных в указанном методе.

В объединенном виде множество Парето и Метод идеальной точки в разработанной методике представлен единым математическим описанием, в основе которого показано следующее.

С опорой на источник [2] здесь рассматривается на плоскости (U, V) множество Ω (рис. 1). Каждая его точка обладает одним из следующих свойств: либо все точки, ближайšie к ней, принадлежат множеству Ω (такая точка называется внутренней точкой множества Ω), либо сколь угодно близко от нее расположены как точки множества Ω , так и точки, не принадлежащие (такие точки называются граничными точками множества Ω). Граничная точка может как принадлежать множеству Ω , так и не принадлежать.

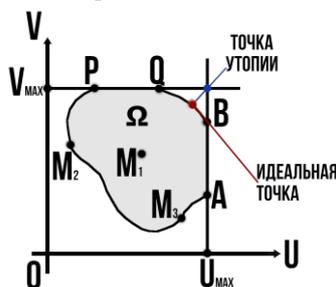


Рис. 1. Множество Ω с точками M_1, M_2, M_3 , Точка утопии, Идеальная точка

Авторами предложено разбиение множества Ω на три класса:

- ♦ в первый класс отнесены точки, которые, оставаясь во множестве Ω , можно сдвинуть так, чтобы одновременно увеличились обе координаты (в этот класс попадают все внутренние точки множества Ω и часть его граничных точек),
- ♦ второй класс образуют точки, перемещением которых по множеству Ω можно увеличить только одну из координат при сохранении значения второй (вертикальный отрезок AB и горизонтальный отрезок PQ) на границе множества Ω ,
- ♦ в третий класс попадут точки, перемещение которых по множеству Ω возможно лишь уменьшить либо одну из координат, либо обе (дуга BQ границы множества Ω) (рис. 1) [16].

Множество точек третьего класса называется множеством Парето, или границей Парето множества Ω [2].

Пусть на плоскости (x, y) задано множество Ω и в каждой точке этого множества определены две непрерывные функции:

$$U = \Phi(x, y) \text{ и } V = \Psi(x, y). \quad (1)$$

Предлагается рассмотреть следующую задачу.
Во множестве Ω найти точку (x^*, y^*) , в которой

$$\Phi(x^*, y^*) = \max_{(x,y) \in \Omega} \Phi(x, y) \text{ и } \Psi(x^*, y^*) = \max_{(x,y) \in \Omega} \Psi(x, y). \quad (2)$$

Предлагается записать это следующим образом

$$\Phi(x, y) \rightarrow \max_{(x,y) \in \Omega} \text{ и } \Psi(x, y) \rightarrow \max_{(x,y) \in \Omega}. \quad (3)$$

Обозначим на плоскости (U, V) все точки, координаты которых вычисляются по совокупности

$$U = \Phi(x, y), V = \Psi(x, y), (x, y) \in \Omega. \quad (4)$$

Можно показать, что наибольшее значение U , обозначим его как U_{\max} – и наибольшее значение V , обозначим его как V_{\max} – достигаются в разных точках, а точка с координатами (U_{\max}, V_{\max}) лежит вне множества Ω .

Пример реализации предложенного метода. В качестве примера, обозначенного выше метода, рассмотрим один из путей решения многокритериальной задачи по обнаружению и выделению медиафайла, в котором используется множество Парето.

На плоскости зададим (U, V) целевую точку, в качестве координат которой выберем сочетание наилучших значений обоих критериев U и V . В рассматриваемом случае это точка (U_{\max}, V_{\max}) . При этом считается, что обычно такая точка при заданных ограничениях не реализуется, поэтому её называть точкой утопии [2].

При этом строится множество Парето и на нем ищется точка, ближайшая к точке утопии – идеальная точка, находятся значения переменных, при которых функции:

$$L_1 = 2x + y + 1 = \max_{(x,y)} \quad (5)$$

$$L_2 = x - y + 5 = \max_{(x,y)} \quad (6)$$

Построение области допустимых решений выглядит следующим образом: А (0;0) – тип файла, В (0;3) – размер файла, С (2;3) – наименование файла, D (6;0) – дата создания файла, Е (6;1) – расположение в каталоге.

Координаты каждой точки плоскости Oxy преобразуются следующим образом.

$$L_1 = 2x + y + 1. \quad (7)$$

$$L_2 = x - y + 5. \quad (8)$$

Образуется плоскость OL_1L_2 . При этом в силу линейности проводимых преобразований прямоугольная система координат Oxy переходит в прямоугольную систему координат OL_1L_2 .

$$A(0;0) = A^*(13;11)$$

$$B(0;3) = B^*(1;5)$$

$$C(2;3) = C^*(4;2)$$

$$D(6;0) = D^*(8;4)$$

$$E(6;1) = E^*(14;10).$$

Предложено найти множество Парето (рис. 2). Это отрезок ЕА. Выберем комбинацию наилучших значений всех критериев. В данном случае это точка U с координатами (14;11) [2].

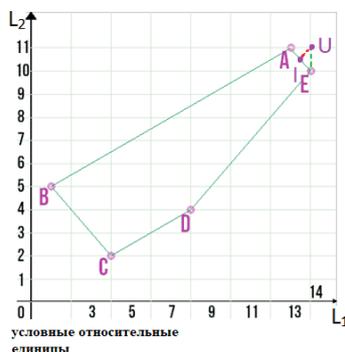


Рис. 2. Построение множества Парето

Далее во множестве Парето находится точка, расположенная ближе всех к точке утопии U. Из рисунка видно, что точка I, являющаяся основанием перпендикуляра, проведенного из точки U(14;11) к прямой EA, принадлежит отрезку EA. Это означает, что точка I – искомая. Найдем ее координаты. I (13.5;10.5)

Соответствующие значения x, y найдем из системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} 2x + y + 1 = 13.5 \\ x - y + 5 = 10.5 \end{cases} \quad (9)$$

$$x = 6, y = 0.5$$

Таким образом, Парето-рациональное решение $L_1 = 13.5$, $L_2 = 10.5$, достигается при $x = 6$, $y = 0.5$.

Весовые коэффициенты в полиноме регулирования «нормирования – гармонизация» для рассматриваемой ситуации обретают значения, для $L_1 = 13.5$, $L_2 = 10.5$, достигается при $x = 6$, $y = 0.5$. Тогда полином эмерджентности, как следствие комплексной гармонизации/нормирования мультимедийного контента образовательной информационной системы выглядит следующим образом:

$$y(x) = a_1x + a_2y + \dots + a_nx_n, \quad (10)$$

где $y(x)$ – коэффициент эмерджентности [11] a_1, a_2, a_n , как это имеет место в рассматриваемом случае. x – когнитив-синтропия гармонизации, y – когнитив-синтропия нормирования, $x_3 \dots x_n$ – когнитив-синтропии других сопутствующих факторов воздействия на контент на семиотической основе. a_1 – весовой коэффициент нормирования, a_2 – весовой коэффициент гармонизации [20], $a_3 \dots a_n$ – весовой коэффициент других составляющих полинома.

По мнению авторов использование Метода идеальной точки совместно со множеством Парето для решения обсуждаемой задачи является инновационным решением в области наукознания информационных процессов и систем образовательного назначения [15, 14].

Заключение. Опыт применения предложенной методики показал, что такого рода решение создает все необходимые предпосылки для осуществления мер по гармонизации, нормированию и других мер в отношении образовательного контента, путем создания улучшенной онтологии и её применения.

Методика применена в улучшении образовательного контента лекционного материала дисциплины «Информационный менеджмент систем» направления подготовки бакалавриата 09.03.04 «Программная инженерия» и иных сопутствующих дисциплин, относимых к менеджменту информационных процессов и систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бодренко И.И.* Задачи многокритериальной оптимизации в экономике. Методы оптимальных решений. – URL: <http://bodrenko.org/moptr/moptr-19.htm> (дата обращения: 29.11.2020).
2. *Брильёнова Н.В.* Оптимальность по Парето. Множество. Метод идеальной точки. – URL: <https://natalibrilenova.ru/blog/1419-optimalnost-po-pareto-mnozhestvo-metod-idealnoy-tochki.html> (дата обращения: 30.11.2020).
3. *Boza, Miljkovic & Zizovic, Malisa & Petojević, Aleksandar & Damjanović, Nada.* New weighted sum model // *Filomat*. – 2017. – Vol. 31. – P. 2991-2998. – 10.2298/FIL1710991M.
4. *Diallo Amadou Bhoje, Dim Dike Terfa, Bakasov Sabir Rumovich, Bogatkov Valerij Nikolaevich.* Implementing "method of successive concessions" in selecting the optimal variant to protect a corporate network // *Вестник евразийской науки*. – 2018. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/implementing-method-of-successive-concessions-in-selecting-the-optimal-variant-to-protect-a-corporate-network> (дата обращения: 13.12.2020).
5. *Lockwood B.* The New Palgrave Dictionary of Economics. – 2nd ed. – London: Palgrave Macmillan, 2008. – ISBN 978-1-349-95121-5.
6. *Puerto Justo.* Decision criteria with partial information // *International Transactions in Operational Research*. – 2000. – No. 7. – P. 51-65. – 10.1016/S0969-6016(99)00026-X.
7. *Wang X., Zhu H.* Generalized Scalar-on-Image Regression Models via Total Variation // *J Am Stat Assoc*. – 2017. – Vol. 112 (519). – P. 1156-1168. – DOI: 10.1080/01621459.2016.1194846.
8. *Yingchao Wang, Ning Zhao, Hongwen Jing, Bo Meng, Xin Yin.* A Novel Model of the Ideal Point Method Coupled with Objective and Subjective Weighting Method for Evaluation of Surrounding Rock Stability // *Mathematical Problems in Engineering*. – 2016. – Vol. 2016. Article ID 8935156. – 9 p.
9. *Березкин В.Е.* Методы аппроксимации границы Парето в нелинейных задачах многокритериальной оптимизации: дисс. ... канд. физ.-техн. наук. – М., 2008. – 185 с.
10. *Гарипов В.Р.* Многокритериальная оптимизация систем управления сложными объектами методами эволюционного поиска: дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1999. – 166 с.
11. *Иванников А.Д., Кулагин В.П., Мордвинов В.А., Найханова Л.В., Овезов Б.Б., Тихонов А.Н., Цветков В.Я.* Получение знаний для формирования информационных образовательных ресурсов. – М.: ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2008. – 440 с.
12. *Краснов М.В.* О сложности некоторых многокритериальных дискретных задач: дисс. ... канд. физ.-техн. наук. – Ярославль, 2003. – 74 с.
13. *Кудж С.А.* Методы сравнительного анализа // *Славянский форум* Номер: 3 (25). – 2019. – С. 140-150.
14. *Магомедов Ш.Г., Колясников П.В., Никульчев Е.В.* Разработка технологии контроля доступа к цифровым порталам и платформам на основе встроенных в интерфейс оценок времени реакций пользователей // *Российский технологический журнал*. – 2020. – Т. 8, № 6 (38). – С. 34-46.
15. *Мордвинов В.А.* Онтология моделирования и проектирования семантических информационных систем и порталов. Справочное пособие. – 2005. – 273 с.
16. *Ногин В.Д.* Расслоение конечного множества Парето // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2015. – № 12-1. – С. 28-30.
17. *Сороко А.В.* Нормирование и гармонизация мультимедиа контента информационных систем в образовании // *Информатизация образования и науки*. – 2017. – № 4 (36). – С. 19-26.
18. *Томашевская В.С., Яковлев Д.А.* Условие аддитивности информационно-справочного киоска на основе времени загрузки страниц // *Российский технологический журнал*. – 2020. – Т. 8, № 1 (33). – С. 27-33.
19. *Шемончук Д.С.* Полнота и точность мультимедиа контента для существенно интенсифицированных мультимедиа систем // *Информационные системы и технологии*". – 2009. – № 3\53 (564). – С. 35-42.
20. *Шемончук Д.С.* Разработка и исследование методов и средств улучшения функционала мультимедийных порталных устройств в сфере управления образовательными процессами: дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 155 с.

REFERENCES

1. *Bodrenko I.I.* Zadachi mnogokriterial'noy optimizatsii v ekonomike. Metody optimal'nykh resheniy [Problems of multicriteria optimization in economics. Optimal decision methods]. Available at: <http://bodrenko.org/moptr/moptr-19.htm> (accessed 29 November 2020).
2. *Bril'enova N.V.* Optimal'nost' po Pareto. Mnozhestvo. Metod ideal'noy tochki [Pareto optimality. Lots of. Ideal point method]. Available at: <https://natalibrilenova.ru/blog/1419-optimalnost-po-pareto-mnozhestvo-metod-idealnoy-tochki.html> (accessed 30 November 2020).
3. *Boza, Miljkovic & Zizovic, Malisa & Petojević, Aleksandar & Damljanović, Nada.* New weighted sum model, *Filomat*, 2017, Vol. 31, pp. 2991-2998. 10.2298/FIL1710991M.
4. *Diallo Amadou Bhoje, Dim Dike Terfa, Bakasov Sabir Rumovich, Bogatkov Valerij Nikolaevich.* Implementing "method of successive concessions" in selecting the optimal variant to protect a corporate network, *Vestnik evraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2018, No. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/implementing-method-of-successive-concessions-in-selecting-the-optimal-variant-to-protect-a-corporate-network> (accessed 13 December 2020).
5. *Lockwood B.* The New Palgrave Dictionary of Economics. 2nd ed. London: Palgrave Macmillan, 2008. ISBN 978-1-349-95121-5.
6. *Puerto Justo.* Decision criteria with partial information, *International Transactions in Operational Research*, 2000, No. 7, pp. 51-65. 10.1016/S0969-6016(99)00026-X.
7. *Wang X., Zhu H.* Generalized Scalar-on-Image Regression Models via Total Variation, *J Am Stat Assoc.*, 2017, Vol. 112 (519), pp. 1156-1168. DOI: 10.1080/01621459.2016.1194846.
8. *Yingchao Wang, Ning Zhao, Hongwen Jing, Bo Meng, Xin Yin.* A Novel Model of the Ideal Point Method Coupled with Objective and Subjective Weighting Method for Evaluation of Surrounding Rock Stability, *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, Vol. 2016. Article ID 8935156, 9 p.
9. *Berezkin V.E.* Metody approksimatsii granitsy Pareto v nelineynykh zadachakh mnogokriterial'noy optimizatsii: diss. ... kand. fiz.-tekh. nauk [Methods of Pareto frontier approximation in nonlinear problems of multicriteria optimization: cand. of phys. and eng. sc. diss.]. Moscow, 2008, 185 p.
10. *Garipov V.R.* Mnogokriterial'naya optimizatsiya sistem upravleniya slozhnymi ob'ektami metodami evolyutsionnogo poiska: diss. ... kand. tekh. nauk [Multicriteria optimization of control systems for complex objects by methods of evolutionary search: cand. of eng. sc. diss.]. Moscow, 1999, 166 p.
11. *Ivannikov A.D., Kulagin V.P., Mordvinov V.A., Naykhanova L.V., Ovezov B.B., Tikhonov A.N., TSvetkov V.Ya.* Poluchenie znaniy dlya formirovaniya informatsionnykh obrazovatel'nykh resursov [Obtaining knowledge for the formation of information educational resources]. Moscow: FGU GNII ITT «Informika», 2008, 440 p.
12. *Krasnov M.V.* O slozhnosti nekotorykh mnogokriterial'nykh diskretnykh zadach: diss. ... kand. fiz.-tekh. nauk [On the complexity of some multicriteria discrete problems: cand. of phys. and eng. sc. diss.]. Yaroslavl', 2003, 74 p.
13. *Kudzh S.A.* Metody sravnitel'nogo analiza [Comparative analysis methods], *Slavyanskiy forum* Nomer: 3 (25) [Slavic Forum Issue: 3 (25)], 2019, pp. 140-150.
14. *Magomedov Sh.G., Kolyasnikov P.V., Nikul'chev E.V.* Razrabotka tekhnologii kontrolya dostupa k tsifrovym portalam i platformam na osnove vstroennykh v interfeys otsenok vremeni reaktsiy pol'zovateley [Development of technology for access control to digital portals and platforms based on estimates of user reaction times built into the interface], *Rossiyskiy tekhnologicheskii zhurnal* [Russian Technological Journal], 2020, Vol. 8, No. 6 (38), pp. 34-46.
15. *Mordvinov V.A.* Ontologiya modelirovaniya i proektirovaniya semanticheskikh informatsionnykh sistem i portalov. Spravochnoe posobie [Ontology of modeling and design of semantic information systems and portals. Reference book], 2005, 273 p.
16. *Nogin V.D.* Rassloenie konechnogo mnozhestva Pareto [Bundle of a finite Pareto set], *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [Actual problems of the humanities and natural sciences], 2015, No. 12-1, pp. 28-30.
17. *Soroko A.V.* Normirovanie i garmonizatsiya multimedya kontenta informatsionnykh sistem v obrazovanii [Standardization and harmonization of multimedia content of information systems in education], *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki* [Informatization of education and science], 2017, No. 4 (36), pp. 19-26.

18. *Tomashevskaya V.S., Yakovlev D.A.* Usloviye additivnosti informatsionno-spravochnogo kioska na osnove vremeni zagruzki stranits [The condition of the additivity of the information and reference kiosk based on the page load time], *Rossiyskiy tekhnologicheskiy zhurnal* [Russian Technological Journal], 2020, Vol. 8, No. 1 (33), pp. 27-33.
19. *Shemonchuk D.S.* Polnota i tochnost' mul'timedia kontenta dlya sushchestvenno intensifitsirovannykh mul'timedia sistem [Completeness and accuracy of multimedia content for significantly intensified multimedia systems], *Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Information systems and technologies], 2009, No. 3\53 (564), pp. 35-42.
20. *Shemonchuk D.S.* Razrabotka i issledovanie metodov i sredstv uluchsheniya funktsionala mul'timediyных portal'nykh ustroystv v sfere upravleniya obrazovatel'nymi protsessami: diss. ... kand. tekhn. nauk [Development and research of methods and means for improving the functionality of multimedia portal devices in the field of educational process management: cand. of eng. sc. diss.]. Moscow, 2009, 155 p.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. В.А. Холопов.

Жуков Николай Кириллович – Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), Российская академия наук; e-mail: nzhukov@romance.iki.rssi.ru, Москва, Россия; тел.: 89851378683.

Мордвинов Владимир Александрович – МИРЭА – Российский Технологический университет; e-mail: mordvinov@mirea.ru; Москва, Россия; кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения; к.т.н.; профессор.

Русляков Алексей Александрович – e-mail: ruslyakov@mirea.ru; кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения; ассистент.

Zhukov Nikolai Kirillovich – Space Research Institute RAS (IKI RAS), Russian Academy of Sciences; e-mail: nzhukov@romance.iki.rssi.ru; Moscow, Russia; phone: +79851378683.

Mordvinov Vladimir Alexandrovich – MIREA – Russian Technological University; e-mail: mordvinov@mirea.ru; Moscow Russia; the department of instrumental and applied software; cand. of eng. sc.; professor.

Ruslyakov Alexey Alexandrovich – e-mail: ruslyakov@mirea.ru; the department of instrumental and applied software; assistant.

УДК 004.896

DOI 10.18522/2311-3103-2021-5-176-192

О.Б. Лебедев, А.А. Жиглатый, Е.О. Лебедева

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ПОИСКОВОЙ АДАПТАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ СБИС*

В работе для решения задачи планирования СБИС разработан поисковый алгоритм на основе модифицированного метода муравьиной колонии. Задача формирования плана СБИС сводится к задаче формирования соответствующего польского выражения. Разработанный метод синтеза польского выражения включает построение дерева разрезов, выбор типов разрезов (H или V), идентификацию и ориентацию модулей. Эволюционирующая популяция разбита на пары агентов. Каждый член популяции – пара агентов, работающих совместно. При этом конструктивные алгоритмы A1 и A2, используемые агентами пары различаются. Задача, решаемая алгоритмом A1, формулируется как задача поиска взаимно однозначного отображения $F_k = M^ \rightarrow P$ множества модулей M с выбранными ориентациями, $|M^*| = |M|$ в множество P позиций шаблона Sh. Фактически решение заключается в выборе на графе G1 подмножества ребер $E^*1 \in E1$, входящих в соответ-*

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-07-00260 А.