

**ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ
В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ВЫБОРА И РАНЖИРОВАНИЯ „СВИРЬ“**

С. В. МИКОНИ*, В. В. ЗАХАРОВ

*Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН,
Санкт-Петербург, Россия,
* smikoni@mail.ru*

Аннотация. На основании описательной модели открытого множества сформулированы разновидности задач классификации, реализованные в новой версии программной системы выбора и ранжирования „СВИРЬ-М“. В данной системе расширен список задач классификации объектов, где задачи по принципу решения разделены на две группы: по заданным условиям принадлежности к классам и по отклонениям от класса, принятого за норму. Первую группу образуют задачи выбора класса по логическому выражению и функциям принадлежности, а вторую группу — задачи выбора действия по отклонению от нормы либо сопоставления объектов по степени отклонения от нормы. Выбор класса по функции принадлежности осуществляется на основе как упорядоченных классов на шкалах показателей (нечеткий выбор), так и неупорядоченных классов (распознавание сущности по многим показателям). Отсутствие связи с предметным языком и общность математических моделей позволяют решать изложенные задачи в различных предметных областях. Простота работы в системе „СВИРЬ“ обеспечивается контекстно-зависимым интерфейсом формулирования задач и автоматизацией создания модели предметной области и оценочных функций показателей на основе исходных данных, заданных в пакете Excel.

Ключевые слова: классификация, класс, упорядочение, выбор, норма, оценочная функция, инструментальная система, автоматизация выбора

Благодарности: исследования выполнены в рамках бюджетной темы FFZF–2022–0004.

Ссылка для цитирования: Микони С. В., Захаров В. В. Перспективы решения задач организационного управления в инструментальной системе выбора и ранжирования „СВИРЬ“ // Изв. вузов. Приборостроение. 2024. Т. 67, № 3. С. 251—256. DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-3-251-256.

**PROSPECTS FOR SOLVING PROBLEMS OF ORGANIZATIONAL MANAGEMENT
IN THE INSTRUMENTAL SELECTION AND RANKING SYSTEM „SVIR“**

S. V. Mikoni*, V. V. Zakharov

*St. Petersburg Federal Research Center of the RAS,
St. Petersburg, Russia
* smikoni@mail.ru*

Abstract. Based on the descriptive open set model, varieties of classification problems are formulated and implemented in the new version of the software system for selection and ranking „SVIR-M“. In this system, the list of object classification problems is expanded, where the problems, according to the principle of solution, are divided into two groups: according to the given conditions of belonging to classes and according to deviations from the class accepted as the norm. The first group consists of problems of choosing a class based on a logical expression and membership functions, and the second group consists of problems of choosing an action to deviate from the norm or comparing objects according to the degree of deviation from the norm. The selection of a class by membership function is carried out on the basis of both ordered classes on indicator scales (fuzzy choice) and unordered classes (entity recognition by many indicators). The lack of connection with the subject language and the generality of mathematical models makes it possible to solve the stated problems in various subject areas. Ease of operation in the „SVIR“ system is ensured by a context-sensitive interface for formulating tasks and automation of the creation of a domain model and evaluation functions of indicators based on source data specified in the Excel package.

Keywords: classification, class, ordering, choice, norm, evaluation function, instrumental system, selection automation

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the budget theme FFZF–2022–0004.

For citation: Mikoni S. V., Zakharov V. V. Prospects for solving problems of organizational management in the instrumental selection and ranking system „SVIR“. *Journal of Instrument Engineering*. 2024. Vol. 67, N 3. P. 251—256 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-3-251-256.

Введение. Конечной целью управленческой задачи верхнего уровня является либо выбор наилучшего объекта из их конечного числа, либо выбор класса, к которому в наибольшей степени принадлежит рассматриваемый объект. В соответствии с назначением эти задачи разделены на два класса: задачи оптимизации и классификации. Первый класс задач реализует отношение предпочтения, а второй класс — отношение соответствия. Отнесение практической задачи, включающей решение задач обоих классов, к конкретному классу определяется первичностью одного из классов.

В работе [1] приведено теоретическое обоснование целесообразности объединения моделей классификации и упорядочения объектов в рамках одной инструментальной системы. Эта идея реализована в модифицированной системе выбора и ранжирования „СВИРЬ-М“, отличительные особенности которой — расширение списка задач классификации и автоматизация построения начальных оценочных функций на основе требований, предъявляемых к характеризующим оцениваемый объект показателям. Первое свойство позволяет решать новые задачи классификации, а второе — облегчить построение моделей многомерного оценивания объектов при большом количестве показателей.

Задачи классификации, решаемые в системе „СВИРЬ-М“, рассмотрим, исходя из описательного определения открытого множества (класса) [2]:

$$H = \left\{ x : \bigvee_{j=1}^n \Pr(f_j(x), c_j) \right\}. \quad (1)$$

Сущность x принадлежит множеству H , если она отвечает хотя бы одному из n условий, сформулированных двухместным предикатом $\Pr(f_j(x), c)$, где $f_j(x)$ — значение j -го признака (свойства) x , c_j — требование, предъявляемое к этому свойству.

Выбор класса по логическому выражению. Если множество H дискретно и конечно $|H| = N$, а его элементы различаются комбинациями признаков, то за $n = \lceil \log_2 N \rceil$ * шагов можно выделить из него элемент x , отвечающий совокупности n условий:

$$\bigwedge_{j=1}^n \Pr(f_j(x), c_j). \quad (2)$$

Этот принцип реализуется деревом решений, осуществляющим выбор одной из множества N альтернатив. Под альтернативой в системе „СВИРЬ-М“ понимается класс из заданного перечня классов. Принадлежность к классу задается совокупностью требований (предикатов) к значениям показателей. Принадлежность оцениваемого объекта к одному из классов устанавливается по истинности логического выражения, характеризующего этот класс.

Выбор класса по функции принадлежности. Факт принадлежности элемента x множеству X ($x \in X$) описывается характеристической функцией

$$\mu_X(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in X, \\ 0, & \text{если } x \notin X. \end{cases} \quad (3)$$

При наличии более одного класса шкала признака делится на $m > 1$ диапазонов, а k -му классу, $k = \overline{1, m}$, ставится в соответствие диапазон $[c_{kj, \min}, c_{kj, \max}]$ значений j -го признака,

* Символы $\lceil \cdot \rceil$ означают ближайшее большее целое число.

$j = \overline{1, n}$. Отсюда число диапазонов значений признака, участвующего в классификации объектов, должно соответствовать числу классов m .

На рисунке на примере трех классов показаны варианты границ между их функциями принадлежности. Условно средний класс принят за норму (Н), левый класс объединяет значения j -го показателя, меньшие нормы (МН), а правый (БН) класс — значения, превышающие норму.

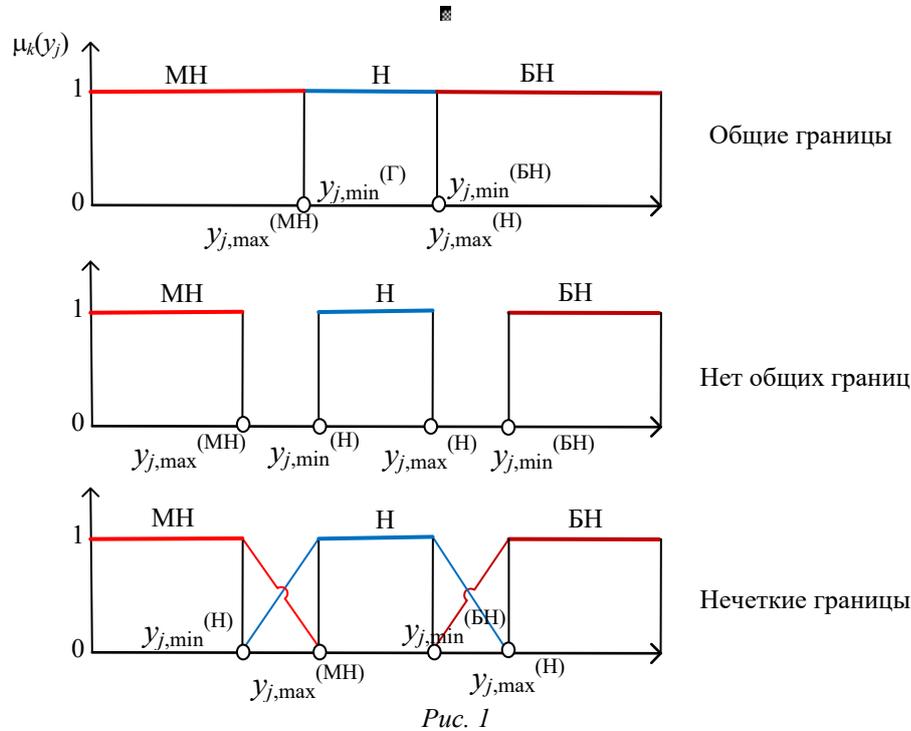


Рис. 1

Классификация по нечетким функциям принадлежности. Модель функций принадлежности показателей к классам с нечеткими границами представляет их расплывчатость, характерную для человеческого восприятия внешнего и внутреннего мира. Фактически она отражает разномыслие людей, проявляющееся в различного рода экспертизах.

Граница между k -м и l -м смежными классами на шкале j -го признака называется *нечеткой*, если имеет место пересечение поставленных им в соответствие диапазонов значений: $[c_{kj,min}, c_{kj,max}] \cap [c_{lj,min}, c_{lj,max}] \neq \emptyset$.

Принадлежность объекта x к каждому из смежных классов в интервале $[c_{lj,min}, c_{kj,max}]$ означает частичное обладание j -м свойством, что соответствует философии *частичной истины* [3]. Для ее оценивания применяется функция принадлежности $\mu_{jk}(x)$ к k -му классу по j -му свойству. Наличие общей шкалы у функций принадлежности к разным классам позволяет классифицировать объект x на основе средневзвешенной аддитивной функции принадлежности к k -му классу по n признакам [2]:

$$\mu_k(x) = \sum_{j=1}^n w_j \mu_{jk}(x), \quad k = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где w_j — вес (значимость) j -го признака; если все признаки имеют равную значимость, их веса равны $w_j = 1/n$.

Поскольку в общем случае имеет место *частичная* принадлежность объекта x к k -му классу по n признакам ($\mu_k(x) \in [0, 1]$), $k = \overline{1, m}$, класс h^* , к которому объект x принадлежит в большей степени, определяется по максимальному значению функции принадлежности к этому классу:

$$h^* = \arg(\max_k \mu_k(x)). \quad (5)$$

Распознавание классов по многим признакам. Модель функций принадлежности показателей к классам, не имеющих общих границ, не претендует на упорядоченность классов по качеству, несмотря на порядок значений показателя в сторону их увеличения. Это позволяет применять эту модель в общих задачах распознавания. Под распознаванием понимается нахождение класса, степень принадлежности к которому объекта, оцениваемого по многим показателям, максимальна. Реализация этой модели описана в [4].

Выбор действия по отклонению от нормы. Примем за норму состояние сущности x , представленное значениями n характеризующих ее показателей в момент времени t :

$$\mathbf{y}(t) = (y_1, \dots, y_j, \dots, y_n). \quad (6)$$

В силу зависимости состояния сущности x от внутренних и внешних воздействий возникают отклонения значений показателей от заданных нормативных значений. Нормативное значение j -го показателя, $j = \overline{1, n}$, со шкалой $[y_{j,\min}, y_{j,\max}]$ в общем случае задается интервальным ограничением $[c_n, c_b]$, $y_{j,\min} \leq c_n < c_b \leq y_{j,\max}$. В векторной форме обобщенные нормы представляются векторами нижних и верхних границ значений параметров: $\mathbf{c}_n = (c_{n1}, \dots, c_{nj}, \dots, c_{nn})$ и $\mathbf{c}_b = (c_{b1}, \dots, c_{bj}, \dots, c_{bn})$.

Симметричное отклонение значения j -го параметра y_j от точечной нормы c_j выражается разностью $\Delta_j = \Delta(y_j) = y_j - c_j$ с двумя результатами: $y_j - c_j > 0$ и $y_j - c_j < 0$. Для интервальной нормы эти разности определяются соответственно относительно верхней и нижней границ интервала: $y_j - c_{jв} > 0$ и $y_j - c_{jn} < 0$. Первая разность означает *превышение* нормы, а вторая — *недостижимость* нормы. Для кодирования количественного симметричного отклонения от нормы фактом отклонения требуется учитывать знак разности — соответственно плюс (+1) и минус (−1).

На основе вектора количественных отклонений от нормы $\Delta(\mathbf{y})$ формируется троичный вектор отклонений от нормы $\mathbf{d}(\mathbf{y}) = (d_1, \dots, d_j, \dots, d_n)$. При нарушении нижней границы ($y_j - c_{jn} < 0$) задается значение $d_j = -1$, а при нарушении верхней границы ($y_j - c_{jв} > 0$) — значение $d_j = +1$. В отсутствие нарушений $d_j = 0$.

По количеству одновременно зафиксированных отклонений от нормы они делятся на одиночные и кратные. Для одиночных отклонений от нормы формируется матрица $\mathbf{D}_1 = \|\|d_{ij}\|\|$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, n}$, где N — число реакций на одиночные отклонения. В общем случае $N < n$.

Условием отсутствия отклонений является истинность выражения

$$\forall j \in J \text{ Pr}_-(d_{ij}, 0). \quad (7)$$

Ложность выражения вида (7) является индикатором необходимости поиска вектора отклонений \mathbf{d}_i , совпадающего с одним из векторов матрицы \mathbf{D}_1 . Выбирается действие a_i , поставленное в соответствие вектору \mathbf{d}_i . Если в матрице отклонений отсутствует вектор, равный вектору $\mathbf{d}(\mathbf{y})$, то определяется вектор, фиксирующий отклонение наиболее приоритетного показателя. Приведенная модель ориентирована на реализацию ситуационного управления объектами [5].

Сопоставление объектов по отклонению от норм. Для решения этой задачи применяется модель трех классов с общими границами. Прямоугольные функции принадлежности к классам МН и БН в модели, показанной на рисунке, заменяются на функции принадлежности, возрастающие к границам шкалы. Эта модель применима для решения задач отслеживания (мониторинга) состояния действующего объекта [6]. В отличие от ситуационного управления, отклонение значения показателя от нормы в этой задаче является признаком не для парирования последствий отклонения, а для анализа его причины. Если, например, в частной задаче за норму принять ресурсы противника, то по отклонениям от них собственных ресурсов можно судить о соотношения сил противоборствующих сторон по многим показателям.

Заключение. Представлена краткая информация о возможностях новой версии программной системы „СВИРЬ-М“ в части решения задач классификации. Задачи могут быть решены как по отдельности, так и в комплексе на единой инструментальной базе. Объединенные с задачами упорядочения сущностей, они охватывают все основные задачи принятия решений на конечном множестве альтернатив. Не привязанный к конкретной предметной области типовой набор моделей многомерного оценивания позволяет решать различные задачи организационного управления в любых предметных областях, например в авиакосмической, транспортно-логистической, сельскохозяйственной и т.д. [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микони С. В. Системный анализ моделей классификации и упорядочения объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2022. Т. 65, № 11. С. 796—801.
2. Микони С. В. О классе, классификации и систематизации // Онтология проектирования. 2016. Т. 6, № 1(19). С. 67—80.
3. Zadeh L. A. Toward perception-based theory of probabilistic reasoning with imprecise probabilities // Сб. докл. Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям, SCM'2003. СПб: Изд-во СПбГЭТУ „ЛЭТИ“, 2003. С. 69—75.
4. Микони С. В., Найденова К. А., Сорокина М. И. Автоматизация создания системы рационального распределения выпускников Военно-медицинской академии с помощью инструментальной системы поддержки принятия решений „СВИРЬ“ // Материалы XXXIII Междунар. конф. „Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе IT + S&E'06“, Гурзуф, 20—30.05.2006. Запорожье, 2006. С. 111—113.
5. Микони С. В. Табличная модель принятия оперативных решений беспилотным летательным аппаратом // Авиакосмическое приборостроение. 2023. № 8. С. 3—12.
6. Соколов Б. В., Ковалев А. П., Мустафин Н. Г., Захаров В. В., Щербакова Е. Е. Методологические основы проактивного управления социоконвергентными системами // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 12. С. 1018—1021.
7. Захаров В. В., Баранов А. Ю., Соколов Б. В. Разработка и внедрение элементов информационно-аналитической платформы для решения транспортно-логистических задач // Изв. вузов. Приборостроение. 2023. Т. 66, № 2. С. 118—124. DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-2-118-124.

Сведения об авторах

- Станислав Витальевич Микони** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, СПИИРАН, лаборатория информационных технологий в системном анализе и моделировании; вед. научный сотрудник; E-mail: smikoni@mail.ru
- Валерий Вячеславович Захаров** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, СПИИРАН, лаборатория информационных технологий в системном анализе и моделировании; ст. научный сотрудник; E-mail: valeriov@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 14.01.2024.

REFERENCES

1. Mikoni S.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2022, no. 11(65), pp. 796–801. (in Russ.)
2. Mikoni S.V. *Design ontology*, 2016, no. 1(6), pp. 67–80. (in Russ.)
3. Zadeh L.A. *Sbornik докладov Mezhdunarodnoy konferentsii po myagkim vychisleniyam i izmereniyam SCM'2003* (Collection of reports of the International Conference on Soft Computing and Measurements SCM'2003), St. Petersburg, 2003, pp. 69–75. (in Russ.)
4. Mikoni S.V., Naydenova K.A., Sorokina M.I. *Informatsionnyye tekhnologii v nauke, obrazovanii, telekommunikatsii i biznese IT + S&E'06* (Information Technologies in Science, Education, Telecommunications and Business IT + S&E'06), Proceedings of the XXXIII International Conference, Gurzuf, May 20–30, 2006, Zaporozhye, 2006, pp. 111–113. (in Russ.)
5. Mikoni S.V. *Aerospace Instrument-Making*, 2023, no. 8, pp. 3–12. (in Russ.)

6. Sokolov B.V., Kovalev A.P., Mustafin N.G., Zakharov V.V., Shcherbakova E.E. *Journal of Instrument Engineering*, 2021, no. 12(64), pp. 1018–1021. (in Russ.)
7. Zakharov V.V., Baranov A.Yu., Sokolov B.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2023, no. 2(66), pp. 118–124, DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-2-118-124. (in Russ.)

Data on authors

- Stanislav V. Mikoni** — Dr. Sci., Professor; St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS, Laboratory for Information Technologies in Systems Analysis and Modeling; Leading Researcher; E-mail: smikoni@mail.ru
- Valery V. Zakharov** — PhD; St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS, Laboratory for Information Technologies in Systems Analysis and Modeling; Senior Researcher; E-mail: valeriov@yandex.ru

Received 17.11.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 14.01.2024.