

*Л. И. НЕФЁДОВ*, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ХНАДУ, Харьков;  
*Ю. А. ПЕТРЕНКО*, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков;  
*А. С. КОНОНЫХИН*, аспирант, ХНАДУ, Харьков

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье разработана модель выбора программного обеспечения которая позволяет выбрать эффективное программное средство по заданным критериям в условиях нечеткой информации.

**Ключевые слова:** нечеткая информация, функция принадлежности, программное средство, бизнес-процесс, офис управления проектами.

**Введение.** В настоящее время достаточно часто в офисе управления проектами перед руководителем стоит вопрос о выборе программного обеспечения для автоматизации бизнес-процессов. Очень важно, чтобы выбранное программное обеспечение удовлетворяло функциональным требованиям офиса и обеспечивало полную и качественную поддержку и повышение эффективности бизнес-процессов и управления.

В связи с этим возникает необходимость в подборе программного обеспечения в соответствии с предпочтениями и требованиями конкретного бизнес-процесса.

Каждое программное средство характеризуется следующими показателями:

- надежность программных средств;
- функциональность программных средств;
- безопасность программных средств;
- требования к техническим характеристикам персонального компьютера;
- совместимость программных средств;
- стоимость программных средств.

**Анализ публикаций.** Анализ публикаций [1-5] показал, что на сегодняшний день не уделяется достаточно внимания научному обоснованию выбора программного обеспечения для автоматизации групп бизнес процессов, включающих в себя бизнес-процессы, бизнес-процедуры, бизнес-операции офиса с учетом различных критериев в условиях нечеткой информации.

Критерии выбора программного обеспечения могут быть заданы не только количественно, но и качественно, поэтому для решения данной проблемы предлагается использовать математический аппарат нечетких множеств [6,7].

**Цель статьи и постановка задачи.** Цель статьи повышение эффективности функционирования офиса управления проектами за счет разработки модели выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации.

Пусть известно[8]:

- группа бизнес-процессов  $B = \{B^i\}$ ,  $i = \overline{1, i'}$ ,  $i$ - количество групп бизнес-процессов, которые включают в себя множество бизнес-процессов  $B = \{B_p^i\}$

- множество бизнес-процессов –  $B = \{B_p^i\}$ ,  $p = \overline{1, p^i}$ , где  $p^i$  - число бизнес-процессов, в свою очередь они разбиваются на множество бизнес-процедур  $B_p^i = \{B_{pr}^i\}$ ,  $r = \overline{1, r^p}$ , где  $r^p$  - число бизнес-процедур в  $p$ -ом бизнес-процессе;

- каждая бизнес-процедура состоит из множества бизнес-операций  $B_{pr}^i = \{B_{pr\sigma}^i\}$ ,  $\sigma = \overline{1, \sigma^r}$ , где  $\sigma^r$  - число бизнес-операций в  $r$ -ой бизнес-процедуре;

- каждая бизнес-операция может быть реализована множеством типов и видов программных средств  $P = \{P_{cv}\}$ ,  $c = \overline{1, c^\sigma}$ ,  $v = \overline{1, v^c}$ , где  $c^\sigma$  - количество типов программных средств,  $v^c$  - количество видов программных средств

Таким образом, необходимо выбрать из множества программных средств  $P = \{P_{cv}\}$ ,  $c = \overline{1, c^\sigma}$ ,  $v = \overline{1, v^c}$ , те, которые обеспечат выполнение всех бизнес-операций, бизнес-процедур, бизнес-процессов, групп бизнес-процессов и будут отвечать заданным критериям  $k = \{k_{cve}\}$  ( $e = \overline{1, e^{cv}}$ , где  $e^{cv}$  - количество критериев оценки программного средства  $c$ -ого типа,  $v$ -ого вида).

**Модель выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации.** Задача состоит в выборе лучшего типа и вида программного средства с учетом заданных критериев: надежность программного средства  $H_{P_{cv}}$ , функциональность  $F_{P_{cv}}$ , безопасность  $S_{P_{cv}}$ , требования к техническим характеристикам персонального компьютера  $R_{P_{cv}}$ , стоимость  $C_{P_{cv}}$

Выбор программного обеспечения производится на основе как количественных (требования к техническим характеристикам, производительность, функциональность, цена и т.д.), так и качественных (надежность, безопасность и т.д.) характеристик. Для сопоставления этих данных заменим их нечеткими оценками, измеряемыми в одной шкале. Пусть шкала оценок будет задана интервалом  $[0;1]$ , тогда для каждого вида и типа программного средства  $P_{cv}$  со значением критерия  $k_{cve}$  установим следующие функции принадлежности  $\mu_{cve}(P_{cv}) \in [0;1]$ , которые будут характеризовать, насколько  $cv$ -е программное средство соответствует  $e$ -у критерию.

В результате каждый тип и вид программного средства  $P_{cv}$  будет представлен множеством соответствующих им оценок  $\{\mu_{cv1}(P_{cv}), \mu_{cv2}(P_{cv}), \dots, \mu_{cve}(P_{cv})\}$ . Для каждого  $k_{cve}$  имеется множество

$$D_{k_{cve}} = \{\mu_{cv1}(P_{cv}), \mu_{cv2}(P_{cv}), \dots, \mu_{cve}(P_{cv})\}, \quad (1)$$

каждый элемент которого выступает характеристикой степени соответствия типа и вида программного средства  $P_{cv}$  требованию, задаваемому рассматриваемым критерием  $k_{cve}$ .

Представляется вполне естественным, что решением исходной задачи будет такие тип и вид программного средства  $P_{cv}^*$ , которые в наибольшей мере удовлетворяют требованиям всей совокупности критериев. Отсюда следует, что решение  $R$  выбора наилучшего программного средства  $P_{cv}^*$  может быть представлено как нахождение пересечения соответствующих нечетких множеств с учетом весового коэффициента каждого критерия  $w_e$

$$R = D_{k_{cv1}}^{w_1} \cap D_{k_{cv2}}^{w_2} \cap \dots \cap D_{k_{cve}}^{w_e}. \quad (2)$$

В соответствии с определением операции пересечения нечетких множеств функция принадлежности искомого решения находится как

$$\mu_{D_R}(P_{cv}) = \min_{e=1, e^v} \{ \mu_{D_{k_{cve}}}(P_{cv}) \}, \quad c = \overline{1, c^\sigma}, \quad v = \overline{1, v^\sigma}. \quad (3)$$

Таким образом, в качестве наилучшего вида и типа программного средства должно быть выбрано то  $P_{cv}^*$ , для которого значение функции принадлежности  $\mu_R(P_{cv}^*)$  окажется максимальным. То есть

$$P_{cv}^* = \arg \{ P_{cv} \mid \mu_R(P_{cv}^*) = \max_{c=1, c^\sigma, v=1, v^\sigma} [ \mu_{D_R}(P_{cv}) ] = \max_{c=1, c^\sigma, v=1, v^\sigma} \min_{e=1, e^v} [ \mu_{D_{k_{cve}}}(P_{cv}) ] \}. \quad (4)$$

Именно этот тип и вид программного средства является решением исходной задачи, поскольку оно в наибольшей степени удовлетворяет требованиям всей совокупности рассматриваемых критериев.

**Пример выбора SCADA-системы.** В качестве примера рассмотрим задачу выбора вида SCADA-системы, для разработки АСУ ТП  $P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6\}$ .

Один из основных показателей при выборе SCADA-системы на данных этапах – это надежность. Сбой в программе или нарушение работы какого-либо оборудования может привести к очень тяжелым последствиям, поэтому нужно обратить особое внимание на стабильность программно-аппаратного комплекса. Система должна работать в предсказуемом режиме, а пользователь должен быть уверен, что сбой невозможен [9].

Также важным критерием является функциональность системы. Комплекс должен обеспечивать полноценное решение всех задач предъявляемых на данном этапе управления с учетом дальнейшего развития.

SCADA-системы являются сетевыми программно-аппаратными комплексами и обычно работают с несколькими пользователями, поэтому существенным показателем является уровень безопасности системы

Немаловажным критерием при выборе системы является стоимость, чтобы заказчик получил за свою плату полноценный продукт, отвечающий его требованиям.

В качестве критериев оценки выбраны: надежность, безопасность, функциональность, оцениваемые экспертами и стоимость.

Для анализа было выбрано шесть видов SCADA-систем, представленных на нашем рынке и имеющих функцию подключения не менее 300 точек ввода вывода.

В табл. 1 представлены частные критерии выбора SCADA-систем.

Таблица 1 – Частные критерии выбора SCADA-системы

| Критерий Вид | Надежность    | Безопасность  | Функциональность | Стоимость грн. |
|--------------|---------------|---------------|------------------|----------------|
| Genesis      | очень высокая | очень высокая | выше средней     | 38000          |
| WinCC        | высокая       | очень высокая | очень высокая    | 35000          |
| Trace Mode   | высокая       | средняя       | высокая          | 8500           |
| RSView       | очень высокая | высокая       | ниже средней     | 21000          |
| Каскад       | средняя       | ниже среднего | очень высокая    | 7000           |
| Master SCADA | средняя       | ниже среднего | высокая          | 6500           |

В табл. 2 приведены значения функций принадлежности по каждому критерию и их весовые коэффициенты.

Таблица 2 – Значение функций полезности частных критериев выбора SCADA-системы

| Критерий           | Надежность<br>$\mu_{v1}(P_v)$ | Безопасность<br>$\mu_{v2}(P_v)$ | Функциональность<br>$\mu_{v3}(P_v)$ | Стоимость $\mu_{v4}$<br>( $P_v$ ) |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Genesis $P_1$      | 1                             | 1                               | 0                                   | 0                                 |
| WinCC $P_2$        | 0,8                           | 1                               | 1                                   | 0,1                               |
| Trace Mode $P_3$   | 0,8                           | 0,6                             | 1                                   | 0,94                              |
| RSView $P_4$       | 1                             | 0,8                             | 0                                   | 0,54                              |
| Каскад $P_5$       | 0,6                           | 0,5                             | 1                                   | 0,98                              |
| Master SCADA $P_6$ | 0,6                           | 0,5                             | 0,94                                | 1                                 |
| Весовой коэфф.     | 0,1                           | 0,2                             | 0,2                                 | 0,5                               |

Определив степень соответствия каждого вида программного средства установленным критериям, сформируем следующую совокупность нечетких множеств, описывающих такое их соответствие по каждому критерию с учетом их важности

$$D_{k_1}^{0.6} = \{ \langle P_1; 1 \rangle, \langle P_2; 0.87 \rangle, \langle P_3; 0.87 \rangle, \langle P_4; 1 \rangle, \langle P_5; 0.74 \rangle, \langle P_6; 0.74 \rangle \};$$

$$D_{k_2}^{1.2} = \{ \langle P_1; 1 \rangle, \langle P_2; 1 \rangle, \langle P_3; 0.54 \rangle, \langle P_4; 0.77 \rangle, \langle P_5; 0.44 \rangle, \langle P_6; 0.44 \rangle \};$$

$$D_{k_3}^{1.2} = \{ \langle P_1; 0 \rangle, \langle P_2; 1 \rangle, \langle P_3; 1 \rangle, \langle P_4; 0 \rangle, \langle P_5; 1 \rangle, \langle P_6; 0.93 \rangle \};$$

$$D_{k_4}^3 = \{ \langle P_1; 0 \rangle, \langle P_2; 0 \rangle, \langle P_3; 0.83 \rangle, \langle P_4; 0.16 \rangle, \langle P_5; 0.94 \rangle, \langle P_6; 1 \rangle \}.$$

Найдем пересечение этих множеств, которое будет иметь следующий вид

$$D = \{ \langle P_1; 0 \rangle, \langle P_2; 0 \rangle, \langle P_3; 0.54 \rangle, \langle P_4; 0 \rangle, \langle P_5; 0.44 \rangle, \langle P_6; 0.44 \rangle \}.$$

Далее выберем наилучшую альтернативу, характеризующуюся наибольшим значением функции принадлежности.

Из проведенного анализа видно, что наиболее подходящей SCADA-системой является SCADA Trace Mode, обеспечивающая высокую надежность и функциональность при не большой цене.

**Выводы.** Таким образом, предложена модель выбора программного обеспечения, которая в отличии от известных подходов позволяет выбрать эффективное программное средство по заданным критериям в условиях нечеткой информации и повысить обоснованность принимаемых решений.

**Список литературы:** 1. Мазур, И. И. Управление проектами: учебное пособие для студентов [Текст] / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге и др. – 5-е изд., перераб. – М.: Омега-Л, 2009. – 960 с. 2. Меняев, М. Ф. Информационные технологии управления: Учебное пособие: В 3-х кн.: Книга 3: Системы управления организацией [Текст] / М. Ф. Меняев - М.: Омега-Л, 2003. - 464 с. 3. Уильямс, Д. Управление программами на предприятии [Текст] / Д. Уильямс, Т. Парр. – М.: Баланс Бизнес Букс, 2005. – 320 с. 4. Балашов, В. Г. Механизмы управления организационными проектами [Текст] / В. Г. Балашов, А. Ю. Заложнев, А. А. Иващенко, Д. А. Новиков – М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с. 5. Заренин, Ю. Г. Надежность и эффективность АСУ [Текст] / Ю. Г. Заренин, М. Д. Збырко, Б. П. Крененцер, А. А. Свистельник, В. П. Яценко – Киев:

"Техніка", 1975. – 368 с. **6. Раскин, Л. Г.** Нечеткая математика. Основы теории. Приложения [Текст] / Л. Г. Раскин, О. В. Серая – Х.: Парус, 2008. – 352 с. **7. Пономарёв, О. С.** Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решения: [уч. пособие] [Текст] / О. С. Пономарёв – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – 232 с. **8. Нефёдов, Л. И.** Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография [Текст] / Л. И. Нефёдов, Ю. А. Петренко, Т. В. Плугина и др. – Х.: ХНАДУ, 2010: –344 с. **9. Критерии выбора Scada-систем** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/129-soft/524-kritjerii-vybora-scada-sistjem>

**Bibliography (transliterated):** **1. Mazur, I. I., Shapiro, V. D., Ol'derogge, N. G. and other.** (2009). Project management: tutorial for students. Moscow: Omega-L, 960. **2. Menjaev, M. F.** (2003). Information technologies of management: Tutorial: In 3 b.: Book 3: Systems of organization management. Moscow: Omega-L, 464. **3. Williams, D, Parr, T. (2005). Enterprise Programme Management. Moscow: Balance Business Books, 320.** **4. Balashov, V. G., Zalozhnev, A. Ju., Ivashhenko, A. A., Novikov, D. A.** (2003). Organizational projects management mechanism. Moscow: ICS RAS, 84. **5. Zarenin, Ju. G., Zbyrko, M. D., Krenencer, B. P., Svistel'nik, A. A., Jacenko, V. P.** (1975). Reliability and efficiency of ICS. Kiev: Technics, 368. **6. Raskin, L. G., Seraja, O. V.** (2008). Fuzzy Mathematics. Apps. Kharkov: Sail, 352. **7. Ponomarjov, O. S.** (2005). Fuzzy sets in problems of automated control and decision making. Kharkov: NTU KhPI, 232. **8. Nefjodov, L. I., Petrenko, Ju. A., Plugina, T. V. and other.** (2010). Models and methods of the synthesis of offices for program and project management: Monograph. Kharkov: KhNADU, 344. **9. Criteria selection of Scada-systems.** <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/129-soft/524-kritjerii-vybora-scada-sistjem>.

*Поступила (received) 14.03.2014*

УДК 658.512

**Математическая модель выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации/ Нефёдов Л. И., Петренко Ю. А., Кононыхин А. С. // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПИ», – 2014. - № 17 (1060).– С.13-17 . – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459**

В статье разработана модель выбора программного обеспечения которая позволяет выбрать эффективное программное средство по заданным критериям в условиях нечеткой информации.

**Ключевые слова:** нечеткая информация, функция принадлежности, программное средство, бизнес-процесс, офис управления проектами.

У статті розроблена модель вибору програмного забезпечення, яка дозволяє вибрати ефективний програмний засіб за заданими критеріями в умовах нечіткої інформації.

**Ключові слова:** нечітка інформація, функція приналежності, програмний засіб, бізнес-процес, офіс управління проектами.

**Mathematical model of selection of softwares in fuzzy information/ L. Nefedov, Yu. Petrenko, A. Kononykhin //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.13-17. Bibliogr.: 9. ISSN 2079-5459**

In the article developed model of selection of software which allows choosing effective software taking into account criteria's in fuzzy information. Bibliogr.: 9.

**Keywords:** fuzzy information, the membership function, the software, business process, project management office.