

УДК 621.396.9

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106

Нечеткая система оценки и управления привлекательностью технических или экономических объектов (на примере выбора фирмы-поставщика ресурсов)

Сизов А. С.¹, Добрица В. П.¹, Добросердов О. Г.¹, Атакищев О. И.²,
Зёрнушкин А.Е.³, Халин Ю. А.¹ ✉, Сильченко Р.С.¹

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

² Институт инженерной физики РФ, Россия, Москва, ул. Летниковская, 10

³ НИИИЦ 18 ЦНИИ МО РФ, Россия, 305004, Курск, ул. Блинова, 23

✉ e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. Повышение эффективности функционирования техники или социально-экономических систем путем разработки нечеткой системы для выбора поставщика товарно-материальных ценностей в логистических компаниях. Актуальность исследования обусловлена отсутствием в подавляющем большинстве фирм системного подхода к формированию стратегии закупочной логистики, что затрудняет оперативное управление процессом анализа и оценки. При принятии решения о выборе поставщика, на основе анализа множества источников используются различные математические методы, которые, тем не менее, обладают рядом недостатков, не позволяющих решать поставленную задачу с требуемой эффективностью.

Методы. В задаче оценки и управления привлекательностью объекта в условиях неполноты и нечеткости исходных метод основан на системах нечеткого логического вывода. Основой предлагаемого метода является схема прямого нечеткого логического вывода. Она модифицирована введением оператора упорядоченного взвешенного усреднения для агрегирования выходов продукционных правил. На первом этапе вывода функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для последующего определения степени истинности каждой предпосылки каждого правила. Затем вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к формированию нечеткого подмножества, которое назначается каждой переменной вывода для каждого правила. В качестве правила логического вывода используем операцию *min*. На следующем этапе осуществляется приведение нечеткого значения функции принадлежности выходной переменной каждого правила к четкому виду. Для этого используется быстрый центроидный метод. Для агрегирования выхода каждого продукционного правила с учетом степени их важности для лица, принимающего решение, предлагается использовать оператор упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера.

Результаты. Упорядоченное взвешенное усреднение и последующее ранжирование пар фирм-альтернатив позволило построить список фирм-поставщиков, соответствующий объективному ранжированию.

Заключение. Выполнена модельная проверка рейтинга поставщиков упаковочных материалов для фирм, занимающихся выпуском готовой продукции. Результаты экспериментального исследования демонстрируют перспективность предложенного подхода за счет учета взаимовлияния показателей между собой.

© Сизов А. С., Добрица В. П., Добросердов О. Г., Атакищев О. И., Зёрнушкин А.Е., Халин Ю. А., Сильченко Р.С., 2019

Известия Юго-Западного государственного университета / Proceedings of the Southwest State University. 2019; 23(1): 95-106

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных; критерий; нечеткий логический вывод; функция принадлежности; база знаний; агрегирование; OWA оператор Ягера.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Нечеткая система оценки и управления привлекательностью технических или экономических объектов (на примере выбора фирмы-поставщика ресурсов) / А.С. Сизов, В.П. Добрица, О.Г. Добросердов, О.И. Атакищев, А.Е. Зёрнушкин, Ю.А. Халин, Р.С. Сильченко // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 1. С. 95-106. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106.

UDC 621.396.9

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106

Fuzzy System for Assessment and Mannagement of Attractiveness of Technical or Economic Objects (Case Study of the Selection of a Resource Supplier)

Aleksandr S. Sizov¹, Vyacheslav P. Dobritsa¹, Oleg G. Dobroserdov¹,
Oleg I. Atakishchev², Aleksey E. Zernushkin³, Yuriy A. Khalin¹✉,
Roman S. Sylchenko¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

² Institute of Engineering Physics of the Russian Federation, 10, Letnikovskaya str., Moscow, Russian Federation

³ Research and Test Centre 18 Central Scientific-Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 23, Blinova str., Кypck, 305004, Russian Federation

✉ e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Abstract

Purpose of reseach is to improve the operation of technical systems or performance of socio-economic systems by developing a fuzzy system for selecting a supplier of inventories in logistics companies. The relevance of the study is determined by the absence of a system approach to the formation of a procurement logistics strategy in the overwhelming majority of companies, which makes the operations management of the analysis and evaluation process difficult. When making decisions concerning selecting a supplier, based on the analysis of a variety of sources, various mathematical methods and techniques are used; nevertheless these methods and techniques have a number of drawbacks that do not allow a company to solve the set task with the required effectiveness.

Methods. Since the original methods in solving the task of assessing and managing the attractiveness of an object are incomplete and noe clear, the method applied is based on the systems of fuzzy logic inference. The basis of the proposed method is a scheme of the direct fuzzy inference. It is modified by introducing an ordered weighted averaging operator to aggregate the outputs of the production rules. At the first stage of the derivation, the membership functions defined for the input variables are applied to their actual values for the subsequent determination of the degree of truth for each premise of each rule. Then, the calculated truth value for the premises of each rule is applied to the inferences of each rule. This leads to the formation of a fuzzy subset, which is assigned to each output variable for each rule. As a rule of logic inference, we use min operation. At the next stage, the fuzzy value of the membership function of the output variable of each rule is reduced to a crisp type by applying the fast centroid method. To aggregate the output of each production rule, taking into account the degree of their importance for the decision-maker, it is proposed to use the Ronald R. Yager's ordered weighted averaging (OWA) operator.

Results. *Ordered weighted averaging and the subsequent ranking of the pairs of alternative firms made it possible to create a list of supplying companies corresponding to the objective ranking.*

Conclusion. *A model verification of the ranking of suppliers of packaging materials for the firms of finished products was performed. The results of an experimental study demonstrate the prospects of the proposed approach taking into account the mutual influence of the indicators.*

Key words: *data mining; criterion; fuzzy inference; membership function; data base; aggregation; Yager's ordered weighted averaging (OWA) operator.*

Conflict of interest: *The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Sizov A.S., Dobritsa V.P., Dobroserdov O.G., Atakishchev O.I., Zernushkin A.E., Khalin Y. A., Sylchenko R.S. Fuzzy System for Assessment and Management of Attractiveness of Technical or Economic Objects (Case Study of the Selection of a Resource Supplier). *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 95-106 (in Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-1-95-106.

Введение

В условиях рыночной экономики у руководителей промышленных предприятий возникает важнейшая планово-экономическая задача, связанная с материально-техническим снабжением.

Данная задача с точки зрения теории принятия решений представляет собой выбор поставщика товарно-материальных ценностей по набору показателей оценки эффективности поставщиков. Для предприятий производителей готовой продукции важны надежные поставщики сырья и полуфабрикатов, сбой или какие-либо другие задержки в поставках негативно сказываются на всем процессе производства – простой оборудования, неэффективное использование оборотных средств и как следствие невыполнение плана производства. Кроме цены, сроков поставки сырья и полуфабрикатов оценка привлекательности поставщика осуществляется по ряду показателей, имеющих качественную, нечеткую природу изме-

рения, что затрудняет объективный и обоснованный выбор. Традиционный метод анализа иерархий (МАИ) подразумевает структуризацию предметной области, четкие количественные оценки показателей и как правило сводится к аддитивной или мультипликативной решающей функции [1,2]. МАИ основывается на построении экспертом матрицы парных сравнений альтернатив, что возможно в условиях однородности множества оцениваемых показателей.

В подавляющем большинстве компаний в настоящее время не существует структурированного подхода к формированию стратегии закупочной логистики [3,4]. Компании-поставщики в основном не имеют однородных однозначно измеримых показателей. В результате процесс приобретения материально-технической базы осуществляется бессистемно, что затрудняет оперативное управление процессом и эффективный контроль расходов в средне- и долгосрочной перспективе.

Таким образом, существует объективно сложившаяся необходимость разработки более совершенных методов и средств автоматизации логистической деятельности компании, обеспечивающих повышение эффективности выбора поставщиков, учитывающих существенную неопределенность ряда показателей.

Постановка задачи

Для предприятий, осуществляющих сбыт готовой продукции задача выбора поставщика данной продукции также является актуальной, так как сбои в поставках приводят к дефициту товаров, а следовательно и к снижению выручки организации.

В настоящее время в практике управления предприятия сложились три способа выбора поставщиков:

- торговым агентом, цель которого увеличение собственного дохода;
- централизованным снабжением (отдел закупок, производственный отдел и отдел технического контроля качества продукции), цель которого – обеспечение эффективности предприятия;
- через посреднические фирмы, цель которых – оказание услуги и закрепление клиента.

При этом каждое из лиц, принимающих решение, использует собственные наборы показателей и их оценки.

Процесс выбора поставщика товарно-материальных ценностей осуществляется на сопоставлении различных показателей, описывающих его состояние в данный момент времени [5].

Как уже было обозначено, данная задача усложняется тем, что для множества этих показателей затруднительно получение количественных оценок. Это обусловлено как недостатком информации о деятельности потенциального поставщика (большинство данных о предприятиях-поставщиках являются закрытыми, поэтому необходимо осуществлять бизнес-разведку, что ведёт к дополнительным затратам), так и выбором шкалы, на которой определяется значение показателя.

Одним из способов преодоления описанных ограничений существующих методов теории принятия решения, является теория нечётких множеств.

Материалы и методы решения задачи

В последнее время, для автоматизации обработки информации, с учетом мнения специалистов предметной области, нечеткости и неполноты имеющихся сведений используются аппарат нечеткой логики и методы нечеткого вывода.

Высокую эффективность в системах классификации и управления при решении задач выбора оптимального решения при многих критериях с учетом неполноты и нечеткости данных показал нечеткий логический вывод [6].

Механизм нечеткого вывода в своей основе имеет базу знаний, формируемую экспертами предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида:

P_i : если x есть A_i , тогда y есть B_i ,

где x – входная лингвистическая переменная (ЛП) (имя для известных значе-

ний данных); y – переменная вывода (имя для значений данных, которое будет вычислено); A_i и B_i – нечеткие множества, определенные соответственно на X и Y .

Подбор независимых экспертов проводится методом снежного кома, оценка их компетентности – документальным методом, получение экспертной информации – итеративным методом без взаимодействия, для анализа экспертных суждений используется статистический подход.

Механизм простого нечеткого вывода можно представить следующим образом:

предпосылка :

Π_1 : если x есть A_1 , тогда y есть B_1 ,

Π_2 : если x есть A_2 , тогда y есть B_2 ,

.....

Π_n : если x есть A_n , тогда y есть B_n

факт : x есть A

следствие : y есть B

Знание эксперта $A \rightarrow B$ отражает нечеткое причинное отношение предпосылки и заключения, поэтому его можно назвать нечетким отношением R :

$$R = A \rightarrow B,$$

где символ « \rightarrow » означает нечеткую импликацию.

Приведенная схема логического вывода отражает утверждающий модус (modus ponens) – от утверждения об истинности посылки A с помощью правила $A \rightarrow B$ переходим к выводу об истинности заключения B .

Для решения задачи выбора поставщика предлагается схема модифи-

цированного НЛВ по алгоритму Мамдани [3, 7]. Такие правила в базе знаний Мамдани могут рассматриваться как аналог вербального кодирования, которое, как установили психологи, происходит в человеческом мозге при обучении. Поэтому формирование нечеткой базы знаний типа Мамдани обычно не вызывает трудностей у эксперта. Предлагаемая схема НЛВ состоит из следующих этапов:

1. *Введение нечеткости.* Функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для последующего определения степени истинности каждой предпосылки каждого правила.

2. *Нечеткая импликация.* Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к формированию нечеткого подмножества, которое назначается каждой переменной вывода для каждого правила. В качестве правила логического вывода используем операцию *min*.

3. *Приведение к четкости.* На данном этапе осуществляется приведение нечеткого значения функции принадлежности выходной переменной каждого правила к четкому виду. Для этого используется быстрый центроидный метод.

4. *Композиция.* На данном этапе, в отличие от классической схемы вывода (например, по алгоритму Мамдани), для агрегирования выхода каждого продукционного правила с учетом степени их важности для ЛПП предлагается ис-

пользовать оператор упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера (далее OWA-оператор).

OWA-оператором размерности n ассоциированным с вектором $W = (w_1, \dots, w_n)$, называется соотношение вида:

$$H(a_1, a_2, \dots, a_n) = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n, \quad (1)$$

где $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $w_i \geq 0$, весовой

вектор $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, а $b_i (i = 1, \dots, n)$ – эле-

менты вектора $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, упорядоченные по убыванию.

Вычисление значения OWA-оператора состоит из трех шагов [8]:

- 1) переупорядочивание входных параметров;
- 2) определение весов, ассоциированных с OWA-оператором;
- 3) процесс агрегации.

Весовой вектор, ассоциированный с OWA-оператором, задается нечетким правилом большинства голосов (по крайней мере половина), которому соответствует вектор весов, элементы которого задаются следующим образом:

$$w_j = Q\left(\frac{j}{n}\right) - Q\left(\frac{j-1}{n}\right), \quad (2)$$

где Q – значение нечеткого квантификатора, с функциями принадлежности, показанными на рисунке 1.

Таким образом, когда хотя бы половина выходов производственных правил имеют высокие значения, правила с более низкими значениями выходной переменной, оказывающие минимальное вли-

яние на результат логического вывода, не учитываются. Описанные шаги повторяются для каждого поставщика из перечня альтернатив.

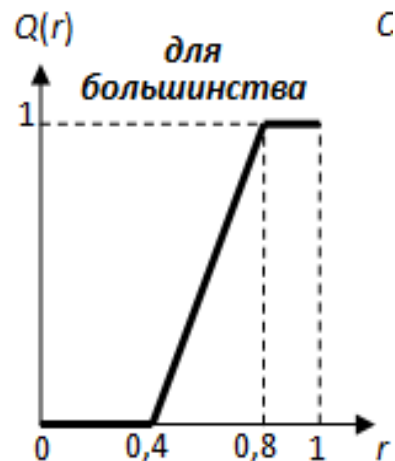


Рис. 1. Функция принадлежности нечеткого квантификатора «для большинства»

Поставщик с максимальным значением агрегированного показателя, при условии превышения порога принятия решения, является наиболее предпочтительным. Порог принятия решения устанавливается ЛПР и обычно выбирается в пределах $0,65 \dots 0,8$ [5, 7].

Результаты и их обсуждение

Экспериментальная проверка предложенного прямого нечеткого логического вывода подхода проводилась на примере решения задачи выбора поставщика упаковочных материалов [4 - 7, 9, 10].

Оценка привлекательности поставщиков выполнялась по следующим показателям:

– цена < низкая, среднерыночная, высокая >;

– условия оплаты < аванс, оплата по факту, отсрочка платежа>;

– качество <было существенное нарушение качества, было незначительное нарушение, отсутствие нарушений>;

– сроки поставки <было существенное опоздание, было незначительное опоздание, отсутствие опозданий>;

– удаленность поставщика <близко, средняя удаленность, далеко>;

– условия доставки <самовывоз дешевле доставки транспортом поставщика, стоимость поставки равна затратам на самовывоз, доставка транспортом поставщика дешевле самовывоза>.

Соответствующие каждому показателю нечеткие переменные представлены треугольными функциями принадлежности. Особый интерес представляет лингвистическая переменная «условия оплаты труда». Функции принадлежности её термов представлены на рисунках 2 – 4.

На графиках T – момент времени фактической поставки товара.

На рисунке 5 представлены функции принадлежности выходной лингви-

стической переменной «оценка привлекательности поставщика».

В Matlab с использованием модуля Fuzzy Logic Designer разработана система прямого нечеткого логического вывода. База знаний системы представлена 30 предикатными правилами. Экспертная оценка параметров проводилась по десятибалльной шкале. Агрегирование выходов системы предикатных правил производилось OWA оператором с весовым вектором вида (1).

Для сравнения в таблице представлены результаты выбора поставщика с использованием модифицированного метода НЛВ и классического метода прямого НЛВ по алгоритму Мамдани.

По результатам эксперимента, при оценке привлекательности поставщиков с использованием классического алгоритма Мамдани (столбец *Кл.* графа «Оценка привлекательности» табл.) сложилась следующая система предпочтений:

$$П2 \succ П6 \succ П1 \succ П5 \succ П3 \succ П4,$$

где « \succ » отношение предпочтения.

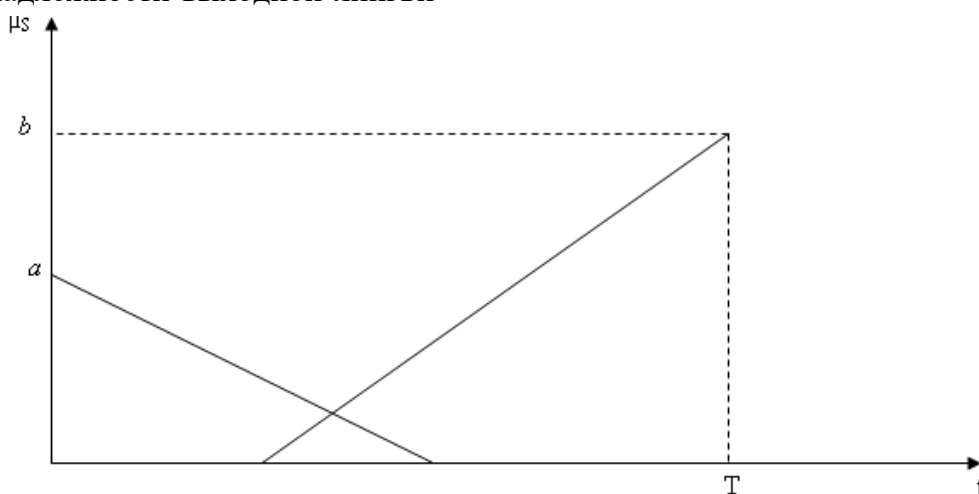


Рис. 2. Функция принадлежности нечеткого значения "аванс" ($a + b = 1$)

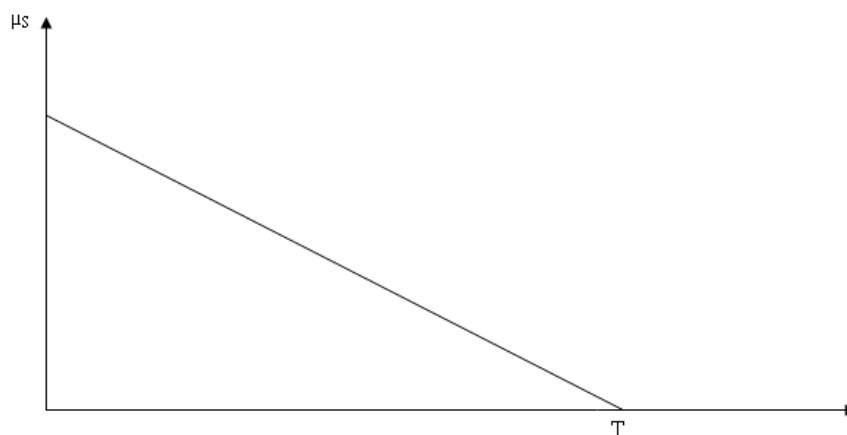


Рис. 3. Функция принадлежности нечеткого значения "оплата по факту"

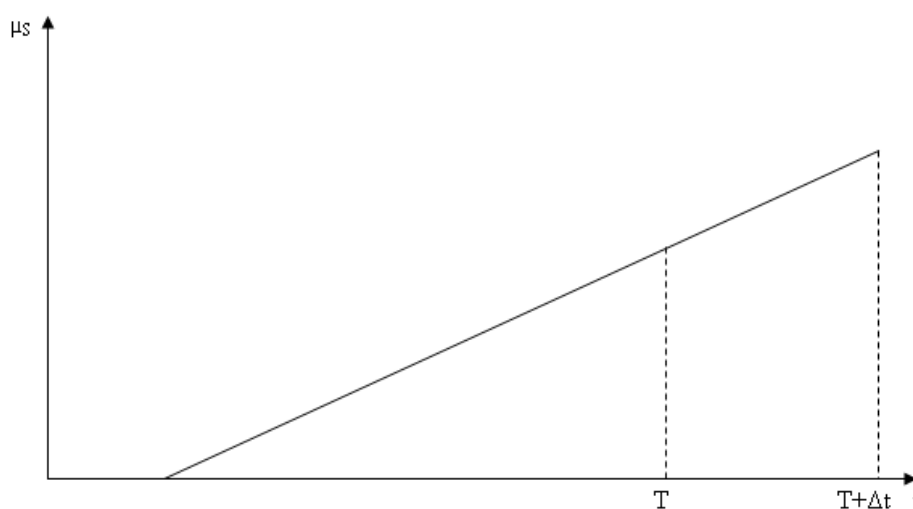
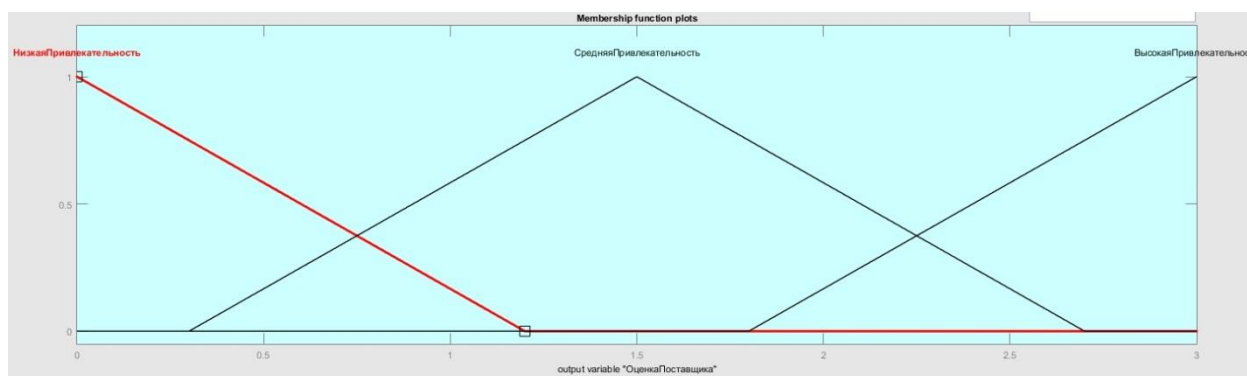
Рис.4. Функция принадлежности нечеткого значения "отсрочка платежа" (Δt – время отсрочки платежа)

Рис. 5. Функция принадлежности нечеткой переменной вывода "оценка привлекательности поставщика"

Система предпочтений при использовании модифицированного алгоритма НЛВ (столбец *Мод.* графа «Оценка при-

влекательности» табл.) выглядит следующим образом:

$$П2 \succ П6 \succ П1 \succ П3 \succ П5 \succ П4.$$

Сравнительная оценка классической и модифицированной модели НЛВ

| | Поставщик 1 | | Поставщик 2 | | Поставщик 3 | | Поставщик 4 | | Поставщик 5 | | Поставщик 6 | |
|------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Цена | 274 | | 163 | | 262 | | 235 | | 289 | | 90 | |
| Условия оплаты | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0,5 | | 0 | |
| Качество | 3 | | 9 | | 7 | | 5 | | 9 | | 6 | |
| Сроки поставки | 10 | | 8 | | 4 | | 6 | | 10 | | 3 | |
| Удаленность поставщика | 2 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 9 | |
| Условия доставки | 4 | | 8 | | 10 | | 6 | | 9 | | 9 | |
| Итоговая оценка | <i>Мод.</i> | <i>Кл.</i> | <i>Мод.</i> | <i>Кл.</i> | <i>Мод.</i> | <i>Кл.</i> | <i>Мод.</i> | <i>Кл.</i> | <i>Мод.</i> | <i>Кл.</i> | <i>Мод.</i> | <i>Кл.</i> |
| | 1,87 | 1,5 | 2,62 | 2,41 | 1,13 | 1,5 | 0,8 | 0,61 | 1,81 | 1,5 | 2,32 | 2,37 |

Как видно из получившихся систем предпочтений при введении механизма учета мнения ЛПР поставщик 3, выглядит более предпочтительно, чем поставщик 5, а не наоборот, что соответствует объективному ранжированию по показателю «цена» для данной пары вариантов.

Выводы

Таким образом, в статье разработана нечеткая система выбора поставщика, модифицированная введением оператора упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера для агрегирования выходов продукционных правил. Данная нечеткая система в составе СППР позволит специалистам логисти-

ческих отделов компаний [8, 11, 12, 13] осуществлять более обоснованный выбор приоритетного поставщика среди множества вариантов, учитывая взаимовлияния показателей между собой.

Эффективность предложенной системы проверена на типовой задаче расчета рейтинга поставщиков упаковочных материалов для компании, занимающейся выпуском готовой продукции. По итогам оценки определяется поставщик с наиболее предпочтительными значениями показателей, включая, кроме цены, показатели «условия доставки», «условия оплаты» и др. Результаты модельного расчета демонстрируют перспективность предложенного подхода.

Список литературы

1. Комбинированный метод анализа и выбора сложных технических или социально-экономических объектов / В.Л. Бурковский, Б.А. Шиянов, А.В. Гривачев, А.С. Сизов, Е.А. Титенко // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018. Т. 14. № 2. С. 15-20.
2. Способ оценки вклада общих и индивидуальных показателей для управления техническими и социально-экономическими системами / А.В. Варганов, А.А. Головин, А.В. Гривачев, С.Ю. Сазонов, А.С. Сизов, Е.А. Титенко // Информационные системы и технологии. 2018. № 4 (108). С. 24-31.

3. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 314 с.
4. Зёрнушкин А.Е., Сизов А.С., Использование систем нечеткого логического вывода и ОWA оператора Ягера для оценки состояния сложных организационно-технических систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т.14. №6. С. 21-28.
5. Имамвердиев Я.Н. Метод объединения результатов ансамбля классификаторов в мультибиометрических системах // Информационные технологии 2011. №9. С. 24-31.
6. Халин Ю.А., Сизов А.С., Игнатенко А.Н. Подход к определению траекторий развития предприятий при управлении конкурентоспособностью // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 1-1 (40). С. 86-92.
7. Халин Ю.А., Сизов А.С., Игнатенко А.Н. Нечётко-множественная модель многокритериальной оценки конкурентоспособности предприятия // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5 (38). С. 53-57.
8. Халин Ю.А., Киселёва К.А., Альков В.В. Модель информационного взаимодействия конкурирующих предприятий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7. № 3 (24). С. 29-35.
9. Писарева Н.К. Разработка системы выбора поставщика // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Чебоксары, 10 мая 2017 г.). Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. С. 200-213.
10. Гривачев А.В., Емельянов С.Г., Сазонов С.Ю., Титенко Е.А. Модифицированный метод анализа иерархий для оценки эффективности робототехнических комплексов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 10. С. 14-18.
11. Yager R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decisions making // IEEE Transactions on Systems, Man Cybernetics. 1988. Vol. 18. N1. P. 183-190.
12. Интеллектуальная обработка данных в задаче систематизации экономико-статистической информации / Я.А. Швецов, В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов, В.П. Фёдоров, Г.А. Федяева // Вестник Брянского государственного технического университета. 2017. №8. С. 67-74.
13. Аверченков В.И., Лагерева А.В., Подвесовский А.Г. Представление и обработка нечёткой информации в многокритериальных моделях принятия решений для задач управления социальными и экономическими системами // Вестник Брянского государственного технического университета. 2012. №2. С. 97-104.

Поступила в редакцию 06.02.2019

Подписана в печать 11.03.2019

References

1. Burkovskij V.L., Shijanov B.A., Grivachev A.V., Sizov A.S., Titenko E.A. Kombinirovannyj metod analiza i vybora slozhnyh tehnikeskikh ili social'no-jekonomicheskikh ob#ektov. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 15-20.
2. Varganov A.V., Golovin A.A., Grivachev A.V., Sazonov S.Ju., Sizov A.S., Titenko E.A. Sposob ocenki vklada obshhih i individual'nyh pokazatelej dlja upravlenija tehnikeskimi i social'no-jekonomicheskimi sistemami. *Informacionnye sistemy i tehnologii*, 2018, no. 4 (108), pp. 24-31.
3. Brodeckij G.L. Sistemnyj analiz v logistike. Vybory v uslovijah neopredelennosti. Moscow, 2010, 314 p.
4. Zjornushkin A.E., Sizov A.S., Ispolzovanie sistem nechetkogo logicheskogo vyvoda i OWA operatora Jagera dlja ocenki sostojanija slozhnyh organizacionno-tehnikeskikh sistem. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*, 2016, vol. 14, no. 6, pp. 21-28.
5. Imamverdiev Ja.N. Metod ob#edinenija rezul'tatov ansamblja klassifikatorov v mul'tibiometricheskikh sistemah. *Informacionnye tehnologii*, 2011, no. 9, pp. 24-31.
6. Halin Ju.A., Sizov A.S., Ignatenko A.N. Podhod k opredeleniju traektorij razvitija predpriyatij pri upravlenii konkurentosposobnost'ju. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 1-1 (40), pp. 86-92.
7. Halin Ju.A., Kiseljova K.A., Al'kov V.V. Model' informacionnogo vzaimo-dejstvija konkurirujushhih predpriyatij. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie*, 2017, vol. 7, no. 3 (24), pp. 29-35.
8. Halin Ju.A., Sizov A.S., Ignatenko A.N. Nechjotko-mnozhestvennaja model' mnogokriterial'noj ocenki konkurentosposobnosti predpriyatija. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, № 5 (38), pp. 53-57.
9. Pisareva N.K. Razrabotka sistemy vybora postavshhika. Jekonomika i upravlenie: problemy, tendencii, perspektivy razvitija. Materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Cheboksary, 2017, pp. 200-213.
10. Grivachev A.V., Emel'janov S.G., Sazonov S.Ju., Titenko E.A. Modificirovannyj metod analiza ierarhij dlja ocenki jeffektivnosti robototehnikeskikh kompleksov. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*, 2016, vol. 14, no. 10, pp. 14-18.
11. Yager R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decisions making. *IEEE Transactions on Systems, Man Cybernetics*, 1988, vol. 18, no. 1, pp. 183-190.
12. Shvecov Ja.A., Averchenkov V.I., Rytov M.Ju., Fjodorov V.P., Fedjaeva G.A. Intel'ktual'naja obrabotka dannyh v zadache sistematizacii jekonomiko-statisticheskoi informacii. *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 2017, no. 8, pp. 67-74.

13. Averchenkov V.I., Lagerev A.V., Podvesovskij A.G. Predstavlenie i obrabotka nechjotkoj informacii v mnogokriterial'nyh modeljah prinjatija reshenij dlja zadach upravlenija social'nymi i jekonomicheskimi sistemami. *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2012, no. 2, pp. 97-104.

Received 06.02.2019

Accepted 11.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Александр Семёнович Сизов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация

Aleksandr S. Sizov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation

Вячеслав Порфирьевич Добрица, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация
e-mail: dobritsa@mail.ru

Vyacheslav P. Dobritsa, Doctor of Phisico-Mathematical Sciences, Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: dobritsa@mail.ru

Олег Гурьевич Добросердов, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: serfing@yandex.ru

Oleg G. Dobroserdov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior Researcher, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Олег Игоревич Атакищев, доктор технических, профессор, заместитель директора, Институт инженерной физики РФ, г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: aoi007@mail.ru

Oleg I. Atakishchev, Doctor of Engineering Sciences, professor, Institute of Engineering Physics of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
e-mail: aoi007@mail.ru

Алексей Евгеньевич Зёрнушкин, адъюнкт, НИИИЦ 18 ЦНИИ МО РФ, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: zaec83@yandex.ru

Aleksey E. Zernushkin, Adjunct, Research and Test Centre 18 Central Scientific-Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Kursk, Russian Federation,
e-mail: zaec83@yandex.ru

Юрий Алексеевич Халин, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Yuriy A. Khalin, Candidate of Engineering Sciences, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Роман Станиславович Сильченко, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: roman_pc_rs_@mail.ru

Roman S. Sylchenko, Post-Graduate Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: roman_pc_rs_@mail.ru