

Международный открытый форум

УДК 621.396.9

DOI: 0.30987/article_5c8b5cec0607f7.86717782

А.Е. Зёрнышкин, А.С. Сизов, В.П. Добрица, А.А. Головин, Ю.А. Халин

**МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПОСТАВЩИКА
ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ**

Рассмотрен подход к повышению эффективности функционирования социально-экономических систем путем разработки нечеткой модели для выбора поставщика товарно-материальных ценностей в логистических компаниях.

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

А.Е. Zyomushkin, A.S. Sizov, V.P. Dobritsa, A.A. Golovin, O.I. Atakishchev, Yu. A. Khalin

**ASSESSMENT MODEL OF COMMODITY-MATERIAL STOCKS SUPPLIER APPEAL
OF LOGISTICS COMPANIES**

The work is devoted to the consideration of the approach to effectiveness increase in social-economic system operation through the fuzzy model development for the supplier choice of commodity-material stocks in logistic companies. The problem urgency is conditioned on the system approach absence in the overwhelming majority of companies to the formation of procurement logistics strategy which makes difficulties

in the process rapid management and charges efficient control.

The theory of fuzzy sets is a methodological basis of the work.

The model developed has a practical value for the leadership of logistics companies.

Key words: intelligent analysis of data, fuzzy logical deduction, membership function, knowledge base, aggregation, Yager OWA-operator.

Введение

Выбор поставщика товарно-материальных ценностей является важным этапом при осуществлении функций закупочной логистики и жизненного цикла продукции фирмы в целом. Важность данной задачи объясняется наличием на рынке большого количества поставщиков одинаковых материальных ценностей, от качества которых, а также работ, услуг, их цены и своевременности доставки зависит эффективность производственного процесса и качество конечного продукта. Ошибки при выборе поставщика могут привести к высоким издержкам не только на закупку товара, но и на решение проблем, возникших по вине поставщика (снижение качества готовой продукции, остановка произ-

водственного процесса, увеличение уровня неликвидов на складе и т.д.).

В подавляющем большинстве компаний в настоящее время не существует структурированного подхода к формированию стратегии закупочной логистики [1; 2]. В результате процесс приобретения материально-технической базы осуществляется бессистемно, что затрудняет оперативное управление процессом и эффективный контроль расходов.

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

Постановка задачи

Основными источниками информации о поставщиках продукции являются:

- каталоги (в печатном или электронном виде);
- торговые журналы;
- рекламные объявления;
- прайс-листы;
- торговые директории (регистры) поставщиков и товаров;
- торговые представительства;
- интернет и др.

Каталоги наиболее известных источников снабжения содержат информацию о производственных источниках, предложениях, перечне товаров, находящихся в наличии у дистрибьюторов, цены, размеры скидок и т.п.

Торговые журналы, являясь ценным источником информации о потенциальных поставщиках, несут общую информацию о новой продукции и сырье, а также рекламу.

Торговые директории или регистры – это источники, в которых приводятся списки основных производителей, их адреса, количество отделений, филиалы, продукция, в некоторых случаях финансовое положение или место в продажах. Они также содержат списки названий товаров на рынке с указанием их производителей и списки сырья и комплектующих с указанием названия и адреса поставщика.

Торговые представительства являются одним из наиболее ценных информационных ресурсов об источниках снабжения, видах продукции и общей ситуации на рынке закупок.

Особое значение в качестве средства информации об источниках снабжения имеет интернет. В последние годы интернет в России активно используется для поиска партнеров по бизнесу, в том числе и для снабжения.

Принятие решения о выборе поставщика затруднено тем, что поставщики характеризуются различным набором свойств. Информация о поставщиках часто бывает противоречивой, неполной, нечеткой.

При принятии решения о выборе поставщика, на основе анализа указанных источников, в отделах логистики фирм (материально-технического обеспечения,

службы закупок) в той или иной степени используются следующие математические методы [5]:

- нечеткого вывода;
- рейтинговых оценок;
- оценки затрат;
- доминирующих характеристик;
- категорий предпочтения;
- анализа иерархий.

Каждый из них может быть применен для решения поставленной задачи.

Основными недостатками существующих методов являются [3]:

- необходимость переработки большого объема информации по каждому поставщику;
- доминирование стоимостных показателей;
- необходимость большого количества затрат;
- необходимость маркетинговых затрат, связанных с изучением конъюнктуры цен на рынке товара;
- необходимость учета, оценивания и контроля большого количества издержек, таких как:

а) издержки, связанные с поиском поставщиков и установлением с ними деловых контактов (командировки, телефонные переговоры, обработка данных и т.д.);

б) затраты, связанные с анализом качественных показателей товара у разных поставщиков (рекламации, затраты на отбраковку, возможности ремонта или восстановления качественных показателей товара у заказчика и т.д.);

в) затраты на переработку, складирование и хранение товаров;

г) транспортные расходы, оплата таможенных, экспедиторских, страховых услуг по пути доставки товара;

д) затраты на страхование логистических рисков и др.;

– анализ поставщика по одному критерию, наиболее важному, по мнению лица, принимающего решение (ЛПР), и, как следствие, игнорирование других критериев, что существенно снижает эффективность анализа;

– низкая эффективность методов при выборе поставщика, с которым компания ранее не работала;

- высокая трудоемкость;

– отсутствие механизмов учета противоречивых, нечетких данных;

Метод 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 [4].

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 значений данных); y – переменная вывода (имя для значений данных, которые будут вычислены); 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 взаимодей-

– высокая зависимость от уровня квалификации ЛПР.

ствия, для анализа экспертных суждений используется статистический подход.

Механизм простого нечеткого вывода можно представить следующим образом:

предпосылка :

P_1 : если x есть A_1 , тогда y есть B_1 ,

P_2 : если x есть A_2 , тогда y есть B_2 ,

.....

P_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 предпосылки A с помощью правила $A \rightarrow B$ переходим к выводу об истинности заключения B .

Модифицированная система прямого нечеткого логического вывода для решения задачи выбора поставщика

Для решения задачи выбора поставщика предлагается схема модифицированного НЛВ по алгоритму Мамдани [1; 6]. 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 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 фак-

тическим 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 принадлежно-

сти 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 использовать

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

где $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $w_i \geq 0$, весовой вектор $\sum_{i=1}^n w_i = 1$; $b_i (i = 1, \dots, n)$ – элементы вектора $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, упорядоченные по убыванию.

Вычисление значения OWA-оператора состоит из трех шагов [11]:

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). Ему 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 рис. 1.

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

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

на результат логического вывода, не учитываются.

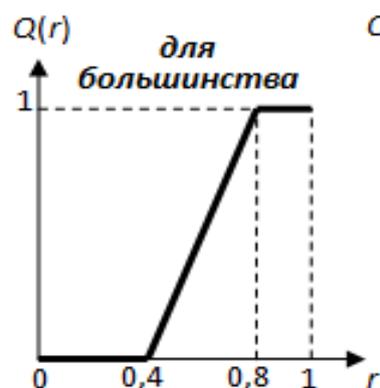


Рис. 1. Функция принадлежности нечеткого квантификатора «для большинства»

Описанные шаги повторяются для каждого поставщика из перечня альтернатив. Поставщик с максимальным значением агрегированного показателя, при условии превышения порога принятия решения, является наиболее предпочтительным. Порог принятия решения устанавливается ЛПП и обычно выбирается в пределах 0,65...0,8 [3; 6].

Моделирование модифицированной системы нечеткого логического вывода

Экспериментальная проверка предложенного подхода проводилась на примере решения задачи выбора поставщика упаковочных материалов [3; 7].

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 са-

мовывоз, доставка транспортом поставщика дешевле самовывоза).

Соответствующие каждому показателю нечеткие переменные представлены треугольными функциями принадлежности. Общий вид функций принадлежности для некоторых критериев показан на рис. 2.

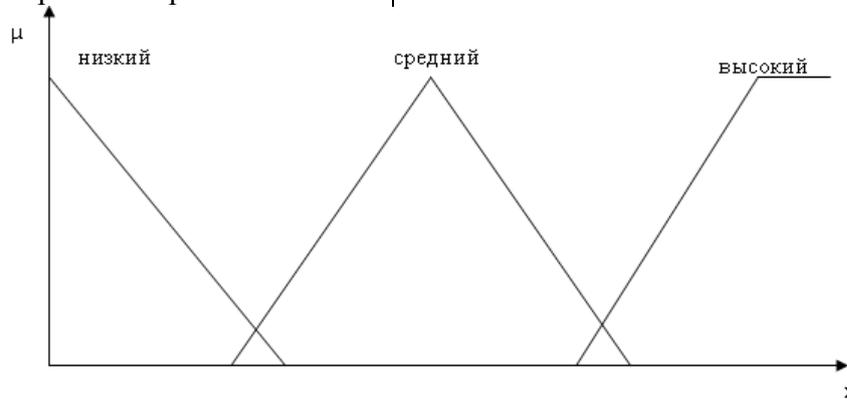


Рис. 2. Функция принадлежности нечеткой переменной «цена»

Особый интерес представляет лингвистическая переменная «условия оплаты труда».

Функции принадлежности её термов представлены на рис. 3-5.

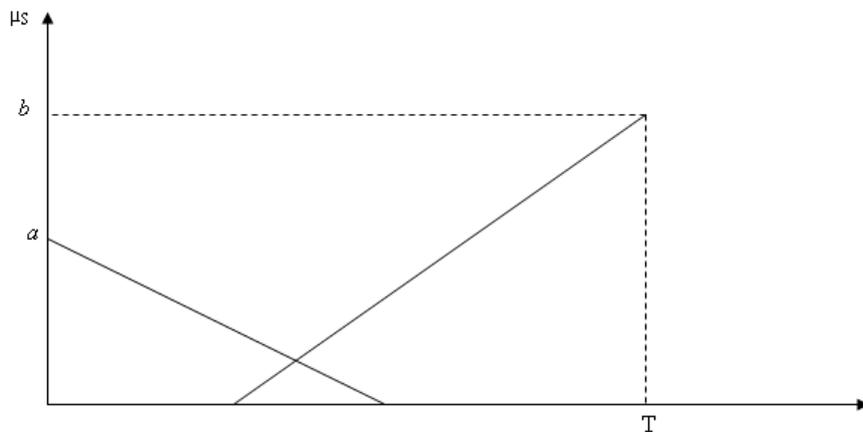


Рис. 3. Функция принадлежности нечеткого значения «аванс» ($a + b = 1$)

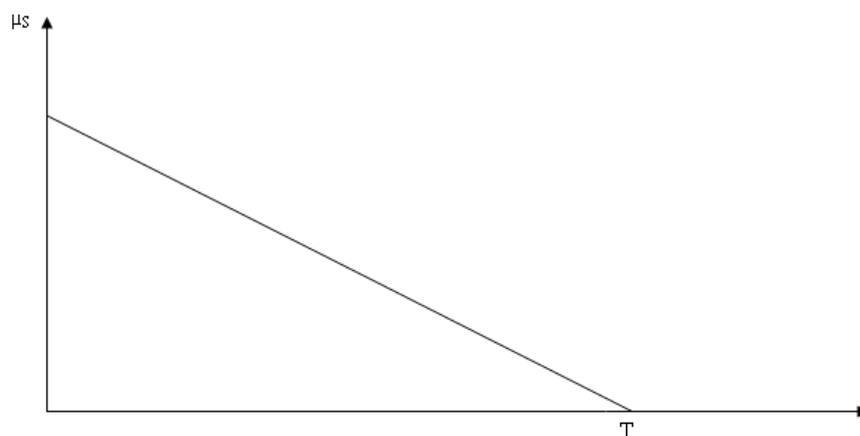


Рис. 4. Функция принадлежности нечеткого значения «оплата по факту»

На графиках Т - момент времени фактической поставки товара.

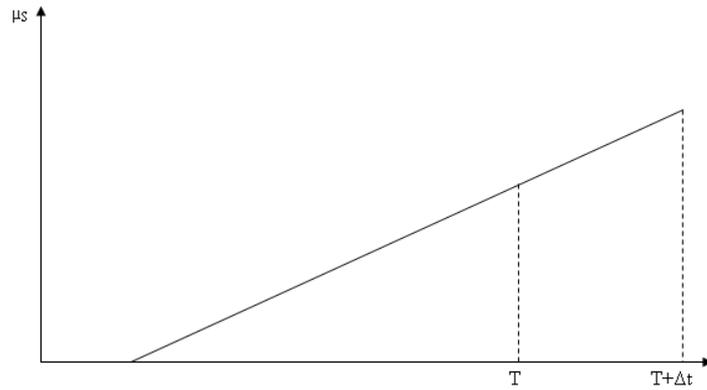


Рис. 5. Функция принадлежности нечеткого значения «отсрочка платежа» (Δt - время отсрочки платежа)

На рис. 6 представлены функции принадлежности выходной лингвистиче-

ской переменной «оценка привлекательности поставщика».

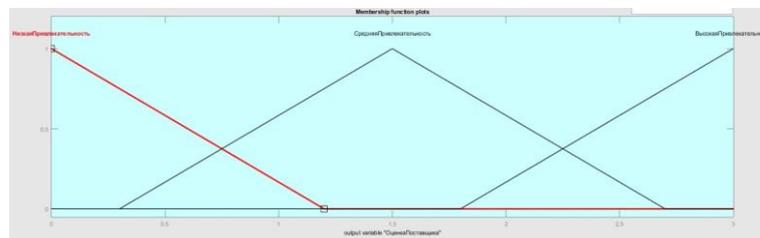


Рис. 6. Функция принадлежности нечеткой переменной вывода «оценка привлекательности поставщика»

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.

Таблица
Сравнительная оценка классической и модифицированной моделей НЛВ

Показатель	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	Мод.	Кл.	Мод.	Кл.	Мод.	Кл.	Мод.	Кл.	Мод.	Кл.	Мод.	Кл.
	1,87	1,5	2,62	2,41	1,13	1,5	0,8	0,61	1,81	1,5	2,32	2,37

При оценке привлекательности поставщиков с использованием классическо-

го алгоритма Мамдани сложилась следующая система предпочтений:

$$P2 \succ P6 \succ P1 \succ P5 \succ P3 \succ P4,$$

где « \succ » – отношение предпочтения.

Система предпочтений при использовании модифицированного алгоритма НЛВ выглядит следующим образом:

$$P2 \succ P6 \succ P1 \succ P3 \succ P5 \succ P4.$$

Заключение

Таким образом, в статье разработана нечеткая модель логического вывода для СППР выбора поставщика, модифицированная введением оператора упорядоченного взвешенного усреднения (OWA) Ягера для агрегирования выходов продукционных правил. Введение модели в состав СППР позволит специалистам логистических отделов компаний [9-11] осуществлять более обоснованный выбор приоритетного поставщика среди множества вариантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродецкий, Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности / Г.Л. Бродецкий. - М.: Академия, 2010. - 314 с.
2. Зёрнышкин, А.Е. Использование систем нечеткого логического вывода и OWA-оператора Ягера для оценки состояния сложных организационно-технических систем / А.Е. Зёрнушкин, А.С. Сизов // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2016. - Т. 14. - № 6. - С. 21-28.
3. Имамвердиев, Я.Н. Метод объединения результатов ансамбля классификаторов в мультибиометрических системах / Я.Н. Имамвердиев // Информационные технологии. - 2011. - № 9. - С. 24-31.
4. Пегат, А. Нечёткое моделирование и управление: [пер. с англ.] / А. Пегат. - М.: Бином, 2009. - 798 с.
5. Писарева, Н.К. Разработка системы выбора поставщика / Н.К. Писарева // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. (г. Чебоксары, 10 мая 2017 г.). - Чебоксары: Интерактив плюс, 2017. - С. 200-213.
6. Халин, Ю.А. Нечётко-множественная модель многокритериальной оценки конкурентоспособности предприятия / Ю.А. Халин, А.С. Сизов, А.Н. Игнатенко // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2011. - № 5 (38). - С. 53-57.
7. Гривачев, А.В. Модифицированный метод анализа иерархий для оценки эффективности робототехнических комплексов / А.В. Гривачев, С.Г. Емельянов, С.Ю. Сазонов, Е.А. Титенко // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2016. - Т. 14. - № 10. - С. 14-18.
8. Yager, R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decisions making / R.R. Yager // IEEE Transactions on Systems, Man Cybernetics. - 1988. - V. 18. - № 1. - P. 183-190.
9. Добрица, В.П. О различных подходах к нечетко-четкому математическому моделированию / В.П. Добрица, Л.А. Ли // Известия Курского государственного технического университета. - 2008. - № 3 (24). - С. 39-44.
10. Швецов, Я.А. 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.
11. Аверченков, В.И. Представление и обработка нечёткой информации в многокритериальных моделях принятия решений для задач управления социальными и экономическими системами / В.И. Аверченков, А.В. Лагерева, А.Г. Подвесовский // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2012. - № 2. - С. 97-104.

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.

Эффективность предложенной модели 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.

Статья поступила в редакцию 14.05.18.

*Рецензент: д.т.н., профессор Орловского государственного университета им. И.С.Тургенева
Коськин А.В.*

Статья принята к публикации 18.02.19.

Сведения об авторах:

Зёрнышкин Алексей Евгеньевич, науч. сотрудник НИЦ 18 ЦНИИ МО РФ, г. Курск, e-mail: zaec83@yandex.ru.

Сизов Александр Семёнович, д.т.н., профессор кафедры информационных систем и технологий ЮЗГУ, г. Курск, e-mail: kafedra.ist2015@yandex.ru.

Халин Юрий Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры информационных систем и технологий ЮЗГУ, г. Курск, e-mail: yur-khalin@yandex.ru.

Zyornyshkin Alexey Evgenievich, Scientific assistant SRC 18 SRIC MD RF, Kursk, e-mail: zaec83@yandex.ru.

Sizov Alexander Semyonovich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Information Systems and Technologies", SWSU, Kursk, e-mail: kafedra.ist2015@yandex.ru.

Dobritsa Vyacheslav Porfirievich, Dr. Phys-Math., Prof. of the Dep. "Information Safety", SWSU, e-mail: dobritsa@mail.ru.

Добрица Вячеслав Порфирьевич, д.физ.-мат.н., профессор кафедры информационной безопасности ЮЗГУ, г. Курск, e-mail: dobritsa@mail.ru.

Головин Алексей Анатольевич, профессор кафедры экономической безопасности и налогообложения ЮЗГУ, г. Курск, e-mail: nalogi_kurskGTU@mail.ru.

Golovin Alexey Anatolievich, Prof. of the Dep. "Economic Safety and Taxation", SWSU, Kursk, e-mail: nalogi_kurskGTU@mail.ru.

Khalin Yury Alexeevich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Information Systems and Technologies", SWSU, Kursk, e-mail: yur-khalin@yandex.ru.