

## 12.9. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ БРОКЕРСКОЙ КОМПАНИИ

Цибульникова В.Ю., к.э.н., доцент,  
кафедра Экономики, Томский государственный  
университет систем управления и  
радиоэлектроники, г. Томск;

Беломытцева О.С., к.э.н., доцент,  
кафедра Финансов и учета, Национальный  
исследовательский Томский государственный  
университет, г. Томск;

Ильина Т.Г., к.э.н., доцент, кафедра Финансов и  
учета, Национальный исследовательский Томский  
государственный университет, г. Томск

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ

В данной статье рассматривается алгоритм оценки рискообразующих факторов, возникающих у брокерской компании при взаимодействии с инвесторами. Для оценки различных факторов использован алгоритм теории нечеткой логики. Приводится пошаговый анализ каждого этапа и измеряется степень воздействия каждого фактора на итоговой риск финансовой устойчивости брокера. Сделаны выводы о необходимости учета рисков инвестора в брокерской деятельности и об эффективности теории нечеткой логики в решении практических задач.

Вопросы анализа брокерской деятельности и проблемы развития инвестиционных компаний обсуждаются как в Российской Федерации, так и за рубежом. Взгляд на брокерскую деятельность и основы взаимодействия с инвесторами рассмотрены в трудах многих ученых, как за рубежом, так и в РФ. Одна из задач брокерской компании заключается в своевременном анализе действий своих клиентов и в последующем формировании адекватного комплекса мер, которые позволят минимизировать убытки, связанные с их ошибочными действиями. Кроме того, брокерская компания как финансовый посредник при оказании услуг, принимает на себя часть рисков, передаваемых клиентами в результате совершения торговых операций. И в силу специфики брокерской деятельности, для повышения доходов брокер должен обслуживать часть этих рисков и принимать на себя соответствующие затраты. Следовательно, целесообразно разрабатывать механизмы по сокращению влияния рисков клиентов на брокерскую деятельность.

При этом на сегодняшний день проблема разработки эффективного алгоритма принятия решений при управлении рисками брокеров остается актуальной в связи со сложностью задачи и недостаточной проработанностью проблемы. Во многом данная проблема проявляется в области рисков, которые генерируют клиенты брокера. В связи с этим необходимо предложить алгоритм принятия решений в условиях неопределенности, который позволит брокерской компании управлять совокупностью финансовых рисков и максимизировать доход от оказания услуг. Первичным этапом реализации такой системы должен стать алгоритм по ана-

лизу совокупности рисков брокера. В рамках данного исследования рассмотрены финансовые риски брокерской компании, сгруппированные с учетом специфики деятельности, которая разделяет финансовые риски по причине возникновения и методам управления ими [10].

Финансовые риски возникают в результате наличия процессов или явлений, вызывающих их появление. Данные явления принято называть рискообразующими факторами [1].

Для классификации рискообразующих факторов брокера с учетом определения финансовых рисков и их проявления на каждом из этапов жизненного цикла работы брокера, был использован иерархический метод, при котором множество факторов риска последовательно разбивается на подмножества в соответствии с выбранными основаниями (признаками) классификации [10].

В соответствии с рассмотренными внешними и внутренними финансовыми рисками определены внешние и внутренние факторы и сформирован перечень первичных факторов риска, который образует множество рискообразующих факторов, свойственных брокерской деятельности [10].

Для целей последующей оценки среди большого количества финансовых рисков необходимо выделить те из них, которые оказывают наибольшее влияние на финансовую устойчивость и стабильность работы брокерской компании.

По размеру финансовых потерь риск может быть:

- допустимым – существует угроза полной потери прибыли от реализации планируемого действия;
- критическим – возможны недополучение, как прибыли, так и выручки, а также покрытие убытков за счет средств предприятия;
- катастрофическим – возможны потеря капитала, имущества и банкротство предприятия [8].

Для брокера допустимым риск можно считать в том случае, если возможно неполучение прибыли, при этом потеря собственных средств исключена. Критический риск для брокера возникает в случае, если возможна частичная потеря собственных средств. Катастрофический риск возникает в том случае, если в результате инвестиционной операции происходит полная потеря как собственных, так и средств клиента.

Степень воздействия каждого рискообразующего фактора на итоговой риск должна быть четко определена в количественных шкалах для целей последующего формирования методов воздействия на риск. Анализ существующих подходов к оценке рисков обусловил выбор теории нечетких множеств в качестве инструмента комплексного анализа выявленных рискообразующих факторов.

Ввиду отсутствия точных статистических оценок ряда первичных рискообразующих факторов, и наличие только качественной, или интервальной категории, для их идентификации требуется привлечение экспертов [6]. Примеры применения нечеткой логики в задачах принятия решений приведены в [3, 7, 5], где доказана эффективность подобных подходов. Схема модели этапа оценки рискообразующих факторов на основе применения

аппарата теории нечетких множеств приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Модель реализации процесса оценки рискообразующих факторов на основе теории нечетких множеств**

Выполним первый описательный этап модели оценки рискообразующих факторов. Для проведения количественной оценки и анализа их влияния на результаты деятельности брокера необходимо определить вероятность возникновения фактора и размер негативных последствий (ущерба, убытков, потерь).

Негативные последствия, т.е. *ожидаемые убытки от инвестиций*, можно охарактеризовать как дополнительные затраты брокера, или инвестора, либо их потери в процессе реагирования на заданный рискообразующий фактор. Для измерения подобных характеристик применяются, как правило, шкалы наименований, интервалов, порядка. В качестве инструмента определения численных значений характеристик можно использовать различные функции принадлежности. Описание рискообразующих факторов целесо-

образно проводить в качественных шкалах ввиду высокой степени неопределенности, а интервальные оценки использовать для их количественной интерпретации (табл. 1). Оценка вероятности и воздействия каждого фактора должна быть проведена по каждому из целевых результатов в виде процентов отклонения от заданных показателей [4].

**Таблица 1**

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ**

Показатели	Шкалы				
	Маловероятно	Возможно	Вероятно	Очень вероятно	
Вероятность наступления фактора риска	< 0,29	0,19–0,59	0,39–0,79	> 0,69	
Возможные убытки / потери инвестиций, снижение дохода, снижение финансовой устойчивости	Несущественные	Допустимые	Критичные	Катастрофичные	
	Убытки менее 14,9%	Убытки от 10,1 до 39,9%	Убытки от 30,1% и менее 70,1%	Убытки более 70,1%	
Степень воздействия фактора на итоговый риск	Слабая	Умеренная	Средняя	Сильная	Очень сильная
	0-3	2-5	4-7	6-9	8-10

Предлагаемая процедура выделения и оценки рискообразующих факторов позволяет:

- оценить вероятность возникновения и степень угрозы каждого из факторов;
- выделить множество независимых рискообразующих факторов, оказывающих критическое влияние на финансовые результаты брокера и инвестора;
- при последовательном изменении критически значимых факторов, провести анализ чувствительности финансовых результатов брокера и инвестора;
- провести оценку итогового риска финансовой устойчивости брокера в результате действий инвестора (высоко-рискованный инвестор, рискованный инвестор, умеренно-рискованный инвестор, низко-рискованный инвестор);
- выбрать возможный вариант управления итоговым риском: принять, снизить, передать, уклониться.

Стандартные варианты управления риском представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

**ВАРИАНТЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ**

Вариант	Действие	Описание
Принятие риска	Принятие риска	Отсутствие реакции на действия инвестора со стороны брокера
Снижение риска	Частичное хеджирование риска	Определение степени страхования риска инвестора внутри брокерской компании
Передача риска	Полное хеджирование риска	Страхование риска инвестора у внешнего контрагента брокера
Уклонение от риска	Уклонение от риска	Отказ инвестору при совершении высокорискованных операций, либо предложение альтернативных способов инвестиций

Рассмотрим нечеткую систему поддержки принятия решений по выбору стратегии управления финансовыми рисками брокерской компании. Наибольшую

часть активов и пассивов в балансе брокерской компании занимает дебиторская и кредиторская задолженность. Именно эти статьи оказывают ключевое влияние на финансовую устойчивость компании. При этом действия инвестора способствуют увеличению финансового риска брокера. Если инвестор совершает сделки на покупку или продажу, применяет маржинальное кредитование, у брокера формируется дебиторская задолженность. Когда брокер осуществляет страхование инвестиционных сделок инвесторов, совершает собственные инвестиционные операции, или хеджирует собственные инвестиционные операции, он формирует кредиторскую задолженность перед различными контрагентами.

На основании анализа выявленных рискообразующих факторов [10], выделим ключевые из них и определим входные лингвистические переменные для нечеткой модели: неожиданные изменения на финансовых рынках ( $x_1$ ), отсутствие, либо недостаток профильных навыков и знаний у инвесторов ( $x_2$ ), выбор финансовых инструментов ( $x_3$ ), непродуманность, рисковость и авантюризм решений ( $x_4$ ), потери собственного капитала инвестора вследствие неправильных инвестиционных решений, выбора инвестиционных активов ( $x_5$ ).

Как показано в [4, 5], применение математического аппарата нечеткой логики позволяет экспертам работать с переменными, описания которых существуют только в интервальном виде (в качественных категориях) без перехода к средним значениям, или к рангам. Выполним качественную и количественную оценку выбранных рискообразующих факторов. По аналогии с [5] для количественного определения лингвистических переменных, характеризующих факторы риска, будем использовать следующие терм-множества:

- для характеристики вероятности возникновения фактора:  $T1 = \{(1) \text{ маловероятно}, (2) \text{ возможно}, (3) \text{ вероятно}, (4) \text{ очень вероятно}\}$ ;
- для характеристики степени угрозы фактора по влиянию на итоговый риск:  $T2 = \{(1) \text{ незначительная}, (2) \text{ допустимая}, (3) \text{ критичная}, (4) \text{ катастрофическая}\}$ .

В табл. 3 рассмотрены экспертные оценки вероятности возникновения первичных рискообразующих факторов и степени их угрозы по воздействию на итоговый риск снижения финансовой устойчивости брокера. Экспертные оценки даны по шкале от единицы (низкая) до пяти (высокая).

Таблица 3

**ОЦЕНКА ПЕРВИЧНЫХ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ**

Фактор	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
Вероятность возникновения ( $T1$ )	2	4	3	3	3
Степень угрозы фактора ( $T2$ )	4	3	3	4	4

При задании лингвистической переменной «Сила воздействия фактора на итоговый риск» для определения степени угрозы от выбранных факторов на итоговый риск снижения финансовой устойчивости брокера будем использовать терм-множество:

- $T3 = \{(1) \text{ слабая}, (2) \text{ умеренная}, (3) \text{ средняя}, (4) \text{ сильная}, (5) \text{ очень сильная}\}$ .

В табл. 4 представлена матрица соответствий вероятности проявления первичного фактора и силы его воздействия на итоговый риск. Трактовка последствий наступления первичных факторов и значение возможных убытков (снижение доходов от инвестиций и финансовой устойчивости брокера), представлена в табл. 5.

Таблица 4

**МАТРИЦА НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ**

Степень угрозы фактора	Катастрофичная	Средняя	Сильная	Сильная	Очень сильная
	Критичная	Умеренная	Средняя	Средняя	Очень сильная
	Допустимая	Умеренная	Умеренная	Средняя	Сильная
	Несущественная	Слабая	Слабая	Умеренная	Средняя
Сила воздействия фактора на итоговый риск	Маловероятная	Возможная	Вероятная	Очень вероятная	
		Вероятность возникновения фактора			

Таблица 5

**ПОСЛЕДСТВИЯ НАСТУПЛЕНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА (ФРАГМЕНТ)**

Фактор	Сила воздействия фактора риска	Снижение доходов от инвестиций, %	Снижение финансовой устойчивости брокера, %
$x_1$	Слабая	Несущественное	Несущественное
	Средняя	Допустимое	Несущественное
	Очень сильная	Критичное	Допустимое
$x_2$	Слабая	Несущественное	Несущественное
	Средняя	Допустимое	Допустимое
	Очень сильная	Критичное	Критичное
$x_3$	Слабая	Несущественное	Несущественное
	Средняя	Допустимое	Несущественное
	Очень сильная	Умеренное	Допустимое
$x_4$	Слабая	Несущественное	Несущественное
	Средняя	Допустимое	Критичное
	Очень сильная	Критичное	Катастрофичное
$x_5$	Слабая	Несущественное	Несущественное
	Средняя	Допустимое	Допустимое
	Очень сильная	Катастрофичное	Критичное

Таблица 6

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕРМ-МНОЖЕСТВА T4**

T4	Снижение доходов от инвестиций, %	Снижение финансовой устойчивости брокера, %
Несущественное (1)	До 14,9	До 10
Допустимое (2)	От 15 до 39,9	От 10,1 до 30
Критичное (3)	От 40 до 69,9	От 30,1 до 50
Катастрофичное (4)	Выше 70	Выше 50,1

Для описания выходных переменных «Снижение доходов от инвестиций» и «Снижение финансовой устойчивости брокера» будем использовать терм-

множество:  $T_4 = \{(1) \text{ незначительное, } (2) \text{ допустимое, } (3) \text{ критичное, } (4) \text{ катастрофичное}\}$ , количественная оценка которого приведена в табл. 6.

Уровень снижения доходности инвестиций как брокера, так и инвестора определяется исходя из рыночного окружения, и при снижении доходности ниже уровня безрисковой ставки по государственным облигациям, представленным на рынке ценных бумаг в анализируемый временной период, следует говорить о необходимости вмешательства

и воздействия на риски брокера и инвестора. По состоянию на 28 июня 2017 г. в Российской Федерации долгосрочная безрисковая ставка доходности равна 8,25% годовых, а краткосрочная – 7,94% [9].

В табл. 7 отражена экспертная оценка зависимости способов реагирования на риск от степени влияния риска на доходность инвестиций и финансовую устойчивость брокера.

Таблица 7

**ВЫБОР СПОСОБА РЕАГИРОВАНИЯ НА РИСК**

Значение критерия	Снижение финансовой устойчивости брокера, %			
	(1): до 10	(2): от 10,1 до 30	(3): от 30,1 до 50	(4): выше 50,1
(1) До 14,9	Безрисковая область: Принятие риска	Безрисковая область: Принятие риска	Область приемлемого риска: Снижение риска – частичное хеджирование риска	Область критического риска: Передача риска – полное хеджирование риска
(2) От 15 до 39,9	Безрисковая область: Принятие риска	Область приемлемого риска: Снижение риска – частичное хеджирование риска	Область критического риска: Передача риска – полное хеджирование риска	Область критического риска: Передача риска – полное хеджирование риска
(3) От 40 до 69,9	Область приемлемого риска: Снижение риска – частичное хеджирование риска	Область приемлемого риска: Снижение риска – частичное хеджирование риска	Область критического риска: Передача риска – полное хеджирование риска	Область катастрофического риска: Уклонение от риска
(4) Выше 70	Область приемлемого риска: Снижение риска – частичное хеджирование риска	Область приемлемого риска: Снижение риска – частичное хеджирование риска	Область критического риска: Передача риска – полное хеджирование риска	Область катастрофического риска: Уклонение от риска

Выполним второй расчетный этап с использованием пакета прикладных программ MATLAB (пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox).

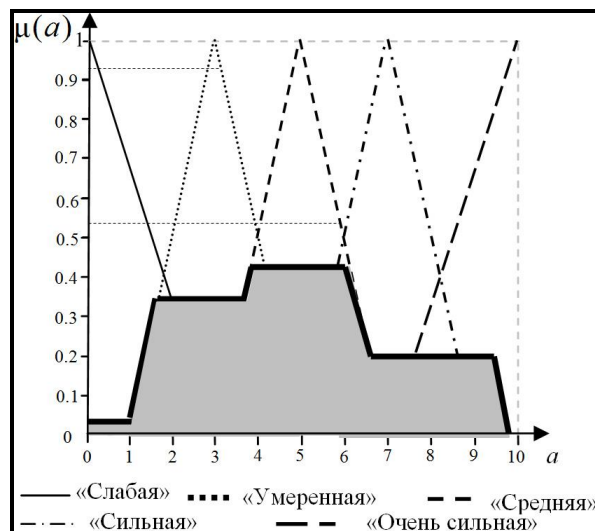
Для оценки силы влияния рискообразующих факторов на итоговый риск, возможного снижения доходов от инвестиций и снижения финансовой устойчивости брокера на основании табл. 4 и 5 сформированы базы правил нечеткого вывода в следующем виде: если посылка  $a_i$  [и / или посылка  $a_j$ ], то заключение  $b_k$ .

Этап фаззификации позволил получить функции принадлежности для входных и выходных переменных нечеткой модели. Для описания терм-множества  $T_1$  использован Z-гармонический сплайн, для терм-множества  $T_2$  – Гауссова функция, отличающаяся гладкостью и простотой записи, для терм-множества  $T_4$  использовался S-гармонический сплайн. Z-гармонический и S-гармонический сплайны используют полиномиальную аппроксимацию и хороши для описания терм-множеств с характеристиками «низкий», «высокий». Для терм-множества  $T_3$  использовались треугольные функции, которые являются самыми распространенными в теории нечеткой логики.

Этап агрегации всех правил модели позволил вычислить истинностные значения предпосылок: мин-конъюнкция - минимум из всех возможных значений соответствующих функций принадлежности. Минимизирующий логический вывод (min-активизация) в алгоритме использован для получения значения выходных нечетких переменных.

На этапе аккумуляции, по проведенным на предыдущем шаге вычислениям, для соответствующих

выходных переменных получены нечеткие множества. Сначала была получена совокупная оценка выходной переменной «сила воздействия рискообразующих факторов на итоговый риск» (рис. 2).



**Рис. 2. Функция принадлежности нечеткой переменной «Сила воздействия рискообразующих факторов на итоговый риск»**

Далее была проведена оценка выбранных рискообразующих факторов и вычислены значения следующих выходных переменных – «снижение доходности инвестиций», «снижение финансовой устойчивости брокера» (рис. 3). На этапе дефаззификации с

использованием метода центра тяжести получены численные оценки выходных переменных [2].

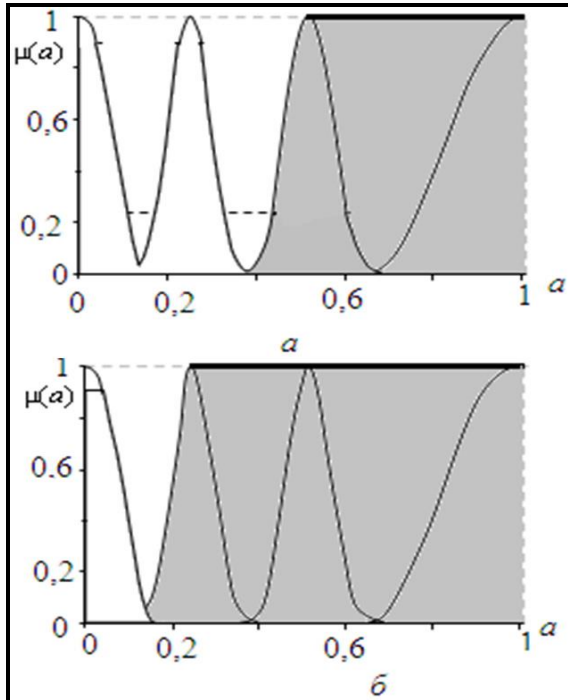


Рис. 3. Функции принадлежности выходных переменных<sup>1</sup>

Для перехода от качественных категорий описания и оценки факторов к количественным значениям использована 10-балльная шкала.

Результаты оценки степени влияния выбранных рискообразующих факторов позволяют сделать вывод, что «Сила воздействия рискообразующих факторов на итоговый риск» финансовой устойчивости брокера близка к умеренно-высокому значению и равна 6,16. Зависимость такой силы воздействия существенна и говорит о необходимости учета данных рискообразующих факторов в деятельности брокера. Фактор «Снижение доходности инвестиций» оценен как «критичный» и равен 62,5, исходя из чего ожидается, что при наступлении данного риска доходность инвестиций вероятно уменьшится на 62,5%. В то же время фактор «Снижение финансовой устойчивости брокера» оценен как «катастрофичный» и равен 53,9. Следует ожидать, что при наступлении риска финансовая устойчивость брокера может снизиться на 53,9%. Согласно результатам расчетов, и в соответствии с рекомендациями экспертов (табл. 7) можно рекомендовать принять стратегии снижения и передачи риска с использованием методов хеджирования.

Выбранная для расчетов совокупность рискообразующих факторов оказывает серьезное влияние на деятельность брокера, и, при необходимости, может быть дополнена другими факторами риска для уточнения результатов оценки. Построенная модель не-

чувствительна к количеству входных данных – при увеличении или уменьшении количества рискообразующих факторов соответственно увеличивается (или уменьшается) количество правил вывода [5]. При этом логика модели не меняется. Такой анализ дает возможность оценить степень влияния выбранной совокупности рисков на общую финансовую устойчивость брокера. Полученные данные являются составной частью системы поддержки принятия решений при оценке и управлении рисками брокера [11].

### Литература

1. Авдошин С.М. Информатизация бизнеса : управление рисками [Текст] / С.М. Авдошин, Е.Ю. Песоцкая. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 176 с.
2. Алгоритм Мамдани в системах нечеткого вывода [Электронный ресурс]. – 2011. URL: <http://habrahabr.ru/post/113020/>.
3. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
4. Ехлаков Ю.П. Классификация и описание рискообразующих факторов при создании программных продуктов [Текст] / Ю.П. Ехлаков // Докл. Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – №3. – С. 124-128.
5. Ехлаков Ю.П. Нечеткая модель оценки рисков продвижения программных продуктов [Текст] / Ю.П. Ехлаков, Н.В. Пермьякова // Бизнес-информатика. – 2014. – №3. – С. 69-77.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде. – М. : Мир, 1976. – 168 с.
7. Рутковская Д. и др. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Телеком, 2006. – 383 с.
8. Рэдхэд К. Управление финансовыми рисками [Текст] / К. Рэдхэд, С. Хьюз. – М. : ИНФРА-М, 1996. – 288 с.
9. Ставки рынка ГКО-ОФЗ [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2017. URL: [http://www.cbr.ru/hd\\_base-Default.aspx?Prtid=zcyс\\_params](http://www.cbr.ru/hd_base-Default.aspx?Prtid=zcyс_params).
10. Цибульникова В.Ю. Классификация финансовых рисков брокерских компаний и их рискообразующих факторов для решения задач управления рисками [Электронный ресурс] / В.Ю. Цибульникова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. URL: <http://www.science-education.ru/118-14210>
11. Цибульникова В.Ю. Подход к решению задачи совместного управления инвестиционными финансовыми рисками брокера и инвестора [Текст] / В.Ю. Цибульникова, М.Р. Цибульникова // Фундаментальные исследования. – 2014. – №11; ч. 10. – С. 2227-2232.

### Ключевые слова

Рискообразующие факторы; брокер; финансовые риски; нечеткая логика; инвестор; оценка рискообразующих факторов.

*Цибульникова Валерия Юрьевна*

*Беломытцева Ольга Святославовна*

*Ильина Татьяна Геннадьевна*

<sup>1</sup> Примечание к рис. 3: а – снижение доходности инвестиций; б – снижение финансовой устойчивости брокера.

## РЕЦЕНЗИЯ

На современном этапе развития брокерской деятельности в Российской Федерации вопросы защиты интересов инвесторов являются актуальными и требуют современных методологических подходов к их решению. Особенно в условиях системного экономического кризиса необходимо повышать уровень доверия населения к финансовому рынку, его институтам. В связи с этим изучение опыта и подходов к организации систем оценки и управления финансовыми рисками участников брокерской деятельности необходимо с целью разработки систем поддержки принятия решений при управлении соответствующими группами финансовых рисков.

Статья исследует алгоритм оценки рискообразующих факторов, возникающих у брокерской компании при взаимодействии с инвесторами. Авторами для оценки различных факторов использован алгоритм теории нечеткой логики. В статье также приводится пошаговый анализ каждого этапа и измеряется степень воздействия каждого фактора на итоговый риск финансовой устойчивости брокера. Авторы делают выводы о необходимости учета рисков инвестора в брокерской деятельности и об эффективности теории нечеткой логики в решении практических задач. Данная работа относится к экономическим наукам.

Рецензируемая статья является оригинальным научным исследованием. Она направлена на решение частной научной задачи по изучению возможности применения нечеткой логики к задачам оценки рисков брокерских компаний, систематизации полученных данных и определению направления дальнейшего исследования.

Результаты, полученные в работе В.Ю. Цибульниковой, О.С. Беломытцовой, Т.Г. Ильиной, достоверны и имеют практическую значимость. Стиль изложения материала хороший и не требует правки. Приведенные в работе таблицы информативны и содержат необходимую информацию.

Представленная статья В.Ю. Цибульниковой, О.С. Беломытцовой, Т.Г. Ильиной «Применение нечеткой логики в аналитической системе оценки рисков брокерской компании» актуальна, обладает необходимой научной и практической новизной, и может быть рекомендована для печати.

*Боярко Г.Ю., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой экономики природных ресурсов Томского политехнического университета, Института природных ресурсов, г. Томск.*

[Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ](#)