

УДК 004.89

К. А. Павлова, Н. В. Береза, А. Н. Береза, В. В. Бегляров

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СЛОЖНООРГАНИЗОВАННОЙ СОЦИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ОЦЕНОК

5

Представлены проектирование и разработка системы расчета расходов интернет-магазина с использованием теории нечетких множеств и нечеткой логики. Эта система позволяет производить расчет данных, наиболее важных для работы электронного магазина. Рассмотрены принципы построения сложноорганизованных информационных систем, сформулированы требования к разрабатываемой системе. Дана постановка нечеткой задачи многокритериальной оптимизации на основе интервальных оценок. Выполнено проектирование программного интерфейса и описаны основные принципы работы созданной информационной системы.

The paper studies design and development of expenditure accounting system of an online shop using the fuzzy sets theory and fuzzy logic. It has also considered the construction principles of complex information systems and formulated the requirements for the system under design. Apart from that the authors dwell upon the fuzzy problem of multi-criteria optimization on basis of interval estimation. The program interface has been designed and main principles of work created by informational system have been described.

Ключевые слова: социотехническая система, электронная коммерция, интеллектуальные методы.

Keywords: sociotechnical system, electronic commerce, intelligent techniques.

Введение

Зарождение нового сектора экономики, такого как электронная коммерция, приобретает все большую значимость в последнее время, относясь к системообразующим элементам современной экономики. Электронная коммерция стала неотъемлемой частью современной экономики любого государства, и в настоящее время приобретает все большую популярность [1]. Новый этап становления экономических отношений наряду со стремительным усовершенствованием информационных технологий способствует активному развитию электронной коммерции, что, в свою очередь, требует детального рассмотрения процесса функционирования интернет-магазина как одного из элементов электронной коммерции.



Результатом взаимодействия технической и социальной подсистем и одним из составляющих элементов социотехнической системы стала электронная коммерция. Изучению социотехнических систем посвящено много научных работ. Например, в [2] внимание уделено механизмам функционирования социотехнических систем, подробно описаны факторы, обуславливающие управление в социотехнических системах, определена роль центрального механизма социотехнических систем в составе основных бизнес-процессов предприятия. В [3; 4] проанализированы особенности управления антропогенными элементами в социотехнических системах, предложены методы построения нечетких когнитивных моделей таких систем, а в [5] – инструменты методологий, позволяющих детально исследовать сложные социотехнические системы.

Социотехническая система требует комплексного рассмотрения взаимодействий между человеком и техникой [6]. Воздействие антропогенного фактора неизбежно приводит к нечеткому описанию связей между подсистемами, к изменению количества и состава входных данных, что связано с влиянием поведения человека как элемента системы. Кроме того, в социотехнических системах большинство входных и выходных данных численно не измеримы. Уровень управляющих воздействий также определяется нечетко. Поэтому моделирование социотехнических систем и процессов, протекающих в них, представляет собой сложную и плохо формализуемую проблему. В связи с непригодностью использования методов классической теории систем возникает необходимость использования теории нечетких множеств и нечеткой логики, применяемых для решения многих задач, связанных с моделированием сложных и плохо формализованных процессов [7].

Кроме того, следует отметить, что в большинстве используемых в настоящее время приложений нечеткая логика позволяет применить опыт экспертов для решения многих задач (например, в системах управления и в экспертных системах), в том числе и в области электронной коммерции, получившей стремительное развитие в последнее время. Применению аппарата нечеткой логики в сфере электронной коммерции посвящены работы [8; 9].

С конца XX в. по сегодня резко возрос интерес к методам нечеткой логики, а количество приложений, основанных на ней, непрерывно увеличивается с каждым годом как для приложений пакетной обработки, так и для автоматизированных систем. Получившая описание и формулировку в качестве метода программирования, нечеткая логика позволяет систематизировать знания предметной области и применить их для решения задач различных классов, как, например, в [10–13]. В связи с этим создание информационной системы с использованием аппарата нечеткой логики является актуальной задачей как с теоретической, так и с практической точки зрения.

В работе [14] была предложена математическая модель процесса ценообразования, а затем была построена нечеткая модель формирования цены единицы товара в интернет-магазине. В связи с этим представляется необходимым дальнейшее моделирование в данной области.



Целью настоящей статьи на основе проведенных ранее исследований является разработка информационной системы расчета расходов интернет-магазина на базе нечеткой логики для применения ее в сфере электронной коммерции, позволяющей определить уровень затрат интернет-магазина, что, в свою очередь, обеспечит возможность провести расчет стоимости товара, а также проанализировать основные показатели, влияющие на процесс ценообразования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть принципы построения сложноорганизованных информационных систем;
- описать постановку нечеткой задачи многокритериальной оптимизации на основе интервальных оценок, изложить основные цели и ограничения, применимые к поставленной задаче;
- сформулировать основные требования, предъявляемые к разрабатываемой системе;
- для разработанной информационной системы описать основные принципы ее работы.

7

1. Принципы построения сложноорганизованных информационных систем

Проектирование сложноорганизованных информационных систем с использованием методов нечеткой логики представляет собой многоэтапный и сложный процесс. Существует огромное число важных факторов, влияющих на данный процесс, среди которых можно выделить следующие [15]:

- среда принятия решений;
- информационные ограничения;
- фактор времени;
- негативные последствия;
- личностные оценки и предпочтения руководителей;
- взаимосвязь решений;
- фактор неопределенности.

Кроме того, немаловажной особенностью стало то, что традиционные способы решения задач применимы только в тех случаях, когда речь идет о хорошо структурированных проблемах. Имеющие количественную форму представления и являющиеся однозначными в статистическом смысле значения параметров таких задач выражены чаще всего одним числом, что нельзя сказать о задачах, предметной областью которых является электронная коммерция. Вышеописанные проблемы и системы — область человеческой деятельности, экономически ориентированной на максимизацию прибыли.

Другими немаловажными факторами, усложняющими ситуацию, выступают неполнота знаний, субъективизм предпочтений, неопределенность в целях и критериях. В подобных условиях проектирование сложноорганизованных информационных систем становится принципиально необходимым [15].



Кроме того, нужно учитывать факторы слабой структурированности задачи, неопределенности и экспертных оценок. Поэтому стоит сказать о том, что в подобных системах должны обрабатываться не только данные, но и знания, при этом в обоих случаях должен учитываться фактор неопределенности.

Таким образом, для создания таких систем необходимы соответствующие математические методы и модели. Нечеткие модели, методы и алгоритмы, предназначенные для обработки нечетких данных и знаний, могут найти в таких системах самое широкое применение [15].

2. Постановка задачи

8

Задачу принятия решений D , обеспечивающую разрешение проблемной ситуации при существующих ограничениях, можно записать в виде кортежа [16]

$$D = \langle F, A, X, C, G, P \rangle,$$

где F — формулировка задачи принятия решения, включающая содержательное описание проблемы, определение целей и требований; A — совокупность возможных вариантов (альтернатив), используемых при выборе; X — совокупность признаков (атрибутов, параметров), описывающих варианты и их отличительные особенности; C — совокупность целевых функций оценки альтернатив, являющиеся источником дополнительной информации для лица, принимающего решение; G — совокупность условий, ограничивающих область допустимых вариантов решения задачи; P — предпочтения одного или нескольких лиц, принимающих решение, служащие основой для оценки и сравнения возможных вариантов решения проблемы.

Сформулируем поставленную задачу, определим основные цели и ограничения. Руководство интернет-магазина планирует уровень своих расходов, оказывающих влияние на процесс ценообразования товара. Кроме того, планируется количество покупаемых товаров, желаемая прибыль, ставка налога, сумма уплаченных страховых взносов и т. д. Цель руководства — минимизация расходов и максимизация выручки, количества заказов через сайт и среднего чека. Таким образом, в формализованном виде постановка задачи будет строиться на следующих утверждениях [17].

1. Руководство интернет-магазина планирует потратить некую денежную сумму d , составляющую общие расходы

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}.$$

2. Каждый товар

$$T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$$

продается по определенной цене $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ соответственно, т. е. это значит, что каждому элементу из множества T соответствует элемент из множества

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}.$$

3. Каждый товар из множества $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ имеет удельный вес номенклатурной группы или модели в объеме закупки

$$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}.$$

Модель объекта оптимизации (интернет-магазина) и его основные компоненты наглядно представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Модель объекта оптимизации и его основные компоненты

3. Параметризация задачи

Таким образом, получим оптимизационную задачу. Теперь необходимо составить математическую модель рассмотренной задачи [17]. Утверждение 2 можно представить в виде следующего ограничения:

$$\sum_{i=1}^n t_i x_i \geq d,$$

где t_i – объем продаж i -го товара; x_i – цена i -го товара; d – сумма расходов.

Утверждение 1 позволяет сформировать целевую функцию

$$\sum_{i=1}^n z_i \rightarrow \min,$$

где z_i – показатели i -го расхода.

Эта переменная включает следующие параметры, составляющие расходы интернет-магазина:

- реклама;
- аренда склада;
- зарплата сотрудникам и страховые взносы;
- оплата Интернета;
- содержание сайта;
- оплата телефонной связи;
- стоимость закупки.



Кроме того, необходимо учитывать следующие важные параметры. Чтобы руководству интернет-магазина не столкнуться с убытками, необходимо учитывать, что цена на товар не должна быть ниже себестоимости, так как цель – максимизация прибыли [17].

Максимизация прибыли может быть представлена в виде целевой функции

$$\sum_{i=1}^n t_i(x_i - c_i) \rightarrow \max,$$

где x_i – цена i -го товара; c_i – себестоимость i -го товара.

Для этой целевой функции добавим несколько ограничений. Во-первых, стоит отметить, для максимизации прибыли необходимо, чтобы цены на аналогичные товары были ниже, чем у розничных и других конкурентных электронных магазинов. Это ограничение представлено в виде

$$x_i \leq x_{k_i},$$

где x_{k_i} – средняя цена i -го товара конкурентов.

Во-вторых, необходимо правильно сформировать уровень наценки для товаров. Для этого, с одной стороны, следует отказаться от минимального процента наценки, так как даже высокие объемы продаж не смогут возместить потраченных расходов. С другой – слишком высокий процент наценки приведет к снижению спроса и, как следствие, к потере выручки. Таким образом, цена на товар не должна быть одновременно минимальной и не должна быть выше цены, установленной конкурентами:

$$x_{\min_i} \leq x_i \leq x_{k_i},$$

где x_{\min_i} – цена i -го товара с минимальной наценкой.

Количество заказов через сайт и средний чек могут быть представлены в виде целевых функций

$$K_z \rightarrow \max, A_{ch} \rightarrow \max,$$

где K_z – количество заказов через сайт; A_{ch} – средний чек.

К завершению всего отметим, что при рассмотрении параметров, составляющих общие затраты, ограничиваться одним параметром не целесообразно [17]. Поэтому необходимо учитывать интервальные значения для этих параметров так, что

$$Z_i \in [Z_i^L, \dots, Z_i^U], i = 1, \dots, n.$$

Таким образом, была сформулирована постановка нечеткой задачи многокритериальной оптимизации на основе интервальных оценок [8].

Поэтому изложенная задача будет иметь следующий формализованный вид:

$$D = G \cap C,$$

где D – множество решений; G – нечеткая целевая функция; C – нечеткое ограничение.



При этом функция принадлежности множества решений рассчитывается по формуле

$$\mu_D(x) = \min(\mu_C(x), \mu_C(x)), x \in X.$$

Для максимизации функции принадлежности множества решений необходимо найти наибольшее значение из функций принадлежности [18], определяемой по этой формуле. При наличии k -го числа нечетких целевых функций и ограничений для определения максимизации функции принадлежности, имеющей весовые коэффициенты, используется формула

$$\mu_D(x) = \max \min \left(\begin{array}{l} w_1 \mu_{G_1}(x), \dots, w_k \mu_{G_k}(x), \\ v_1 \mu_{G_1}(x), \dots, v_k \mu_{G_k}(x) \end{array} \right),$$

11

где w_k, v_k — весовые коэффициенты.

В качестве множества нечетких целевых функций будем использовать рассмотренные ранее целевые функции:

- G_1 — показатели расходов;
- G_2 — прибыль;
- G_3 — количество заказов через сайт;
- G_4 — средний чек.

В связи с необходимостью учета многокритериальности необходимо искать возможные подходы к решению задач оптимального выбора при многих критериях. Простейшим способом устранения многокритериальности является перевод задачи выбора в русло однокритериальности. Такой прием носит название *свертки критериев*. В настоящее время существует множество методов свертки многокритериальности [16]. Применительно к рассмотренной задаче будем использовать объединение всех частных (локальных) нечетких критериев $\mu_{G_1}(x), \mu_{G_2}(x), \dots, \mu_{G_N}(x)$ в один общий (глобальный):

$$\mu_R(y) = F(\mu_{G_1}(x), \mu_{G_2}(x), \dots, \mu_{G_N}(x)).$$

Каждый частный критерий отражает какое-то отдельное качество варианта решения. Наилучший вариант должен характеризоваться наиболее удачным сочетанием всех этих отдельных качеств. Таким образом, поиск лучшего варианта решения сводится к отысканию экстремума единственной функции [16].

4. Архитектура проектируемой системы

В связи со сложностью проектирования информационных систем в области электронной коммерции опишем основные требования, предъявляемые к разрабатываемой системе (рис. 2). На данном рисунке первый и второй блок (интуитивно-понятный интерфейс и контроль ввода данных) относятся к требованиям, определяющим удобство для работы пользователя в системе.



Рис. 2. Основные требования, предъявляемые к разрабатываемой системе

Третий блок требований относится непосредственно к разработке приложения, включающего следующие функциональные свойства:

- расчет и вывод итоговых значений на основе данных, введенных пользователем;
- поддержка визуализации данных;
- возможность определения категории рассчитанных расходов;
- поддержка работы алгоритма Мамдани.

Вышеперечисленные требования будем использовать для дальнейшей разработки информационной системы.

5. Проектирование информационной системы интернет-магазина

Рассмотрим этап проектирования программного интерфейса системы. Работа планируемого приложения направлена на взаимодействие с пользователем, в связи с этим проектирование программного интерфейса является основным этапом в разработке информационной системы. Результат вышеописанного проекта приложения – построение диаграммы прецедентов. Эта разновидность диаграммы позволяет описать функциональное назначение разрабатываемой системы. Поэтому представим проект системы в качестве множества сущностей или актеров, взаимодействующих между собой посредством диаграммы прецедентов (вариантов использования), представленной на рисунке 3.

В качестве действующего лица или актера, взаимодействующего с системой извне, выступает пользователь, служащий источником воздействия на разрабатываемую систему и определяемый непосредственно самим разработчиком. Программные компоненты, взаимодей-

ствующие между собой и предоставляемые актеру, описаны посредством вариантов использования, а пояснительный текст, помещенный в них, раскрывает смысловое значение каждого из компонент, дополняя, таким образом, диаграмму [19; 20].

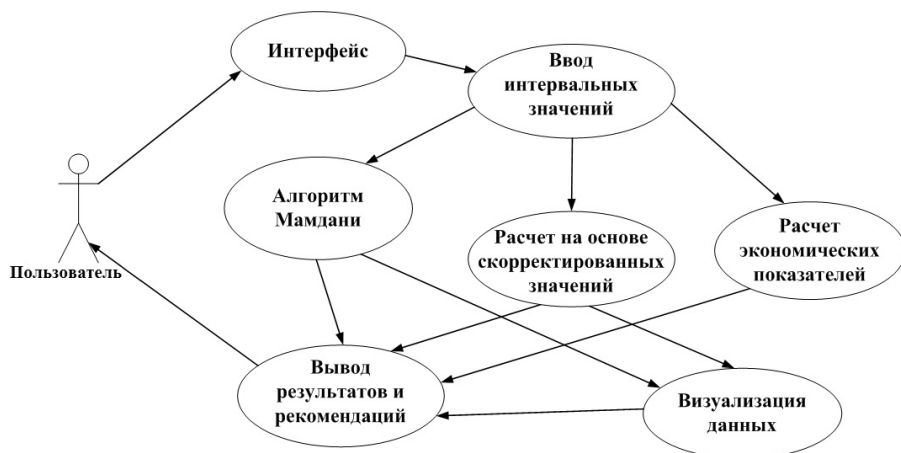


Рис. 3. Прецеденты (варианты использования) проектируемой системы

Следующий шаг – построение диаграммы состояний. Эта диаграмма позволяет отразить действия, совершаемые пользователем в системе, а также основные элементы управления и взаимодействия с системой. Кроме того, диаграмма состояний позволяет определить общий интерфейс проектируемой системы [19; 20]. На рисунке 4 представлена диаграмма состояний нечеткой информационной системы интернет-магазина.

6. Разработка информационной системы

Информационная система интернет-магазина была реализована на языке JavaScript, который чаще всего используется в браузерах в качестве языка сценариев и для наделения веб-страниц интерактивностью. Это мультипарадигменный язык, поддерживающий императивный, функциональный, объектно-ориентированный подходы в программировании [21]. Структура информационной системы представлена на рисунке 5.

При запуске системы появляется главное окно, представленное на рисунке 6. Для работы в информационной системе необходимо заполнить поля, которые видит перед собой пользователь, например, как показано на рисунке 6 – это интервальные значения блока «Расходы», желаемая прибыль и т. д.

Рассчитанные значения (рис. 7) позволяют пользователю оценить средний уровень полученных затрат, а также сумму уплаченных страховых взносов.

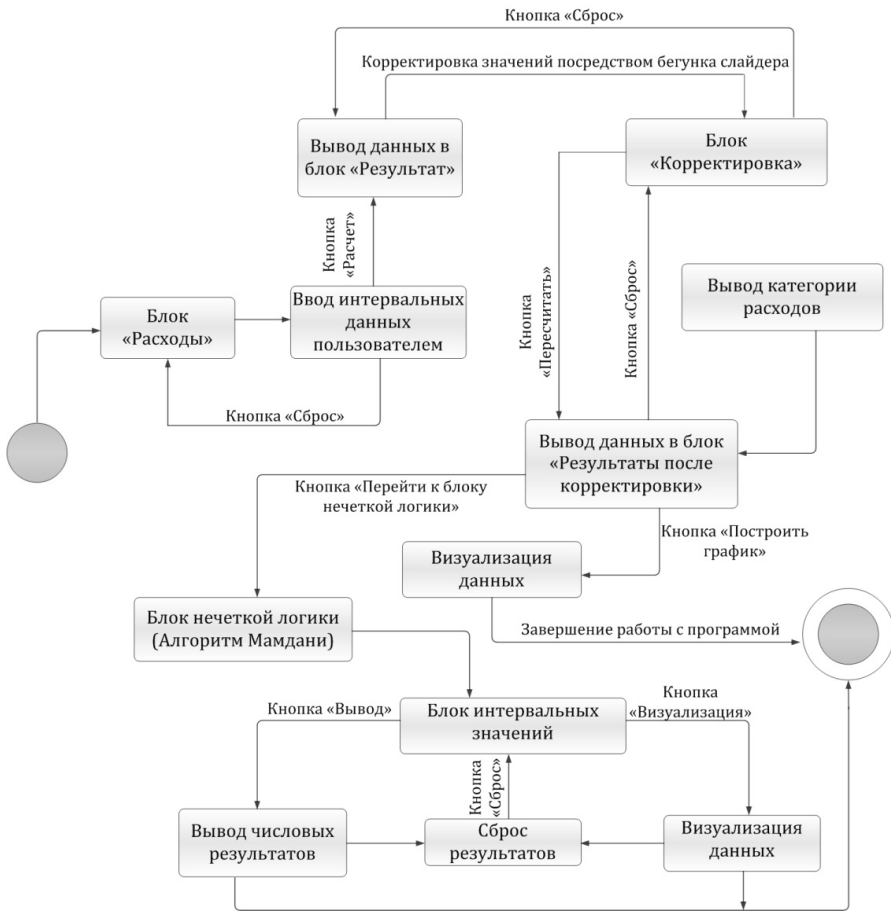


Рис. 4. Диаграмма состояний проектируемой системы

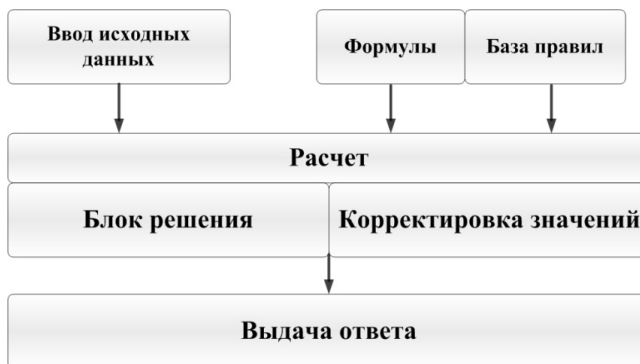


Рис. 5. Структура разработанной информационной системы

Расходы

Реклама: — руб

Аренда: — руб

Зарплата: — руб

Интернет: — руб

Сайт: — руб

Телефон: — руб

Количество товаров:

Стоимость закупки: — руб

Желаемая прибыль: небольшая средняя высокая

Корректировка

Реклама:

Аренда:

Зарплата:

Интернет:

Сайт:

Телефон:

Стоимость закупки:

Результат

Общие расходы: руб

Рис. 6. Главное окно информационной системы

Результат

Общие расходы: руб

УСН:

Результат после корректировки

Общие расходы: руб

УСН:

Рис. 7. Вывод результата

Также пользователь имеет возможность корректировать значения, составляющих общие расходы интернет-магазина. Блок «Корректировка» (рис. 6) реализует эту возможность с помощью бегунка слайдера. Перемещая бегунок слайдера, пользователь может изменять значение каждого из параметров, а затем получить пересчитанные значения общих расходов и УСН (рис. 7). Кроме того, пользователю будет выведено значение, сообщающее о том, к какому интервалу («низкий», «средний», «высокий») относятся полученные значения.

Заключение

Разработанная система обладает следующими возможностями: расчет и вывод итоговых значений на основе данных, введенных пользователем, а также возможность определения категории рассчитанных расходов, определяемая с помощью базы нечетких правил. Таким образом, информационная система позволяет пользователю определить уровень затрат интернет-магазина и, корректируя расходы с помощью слайдера, подобрать подходящую сумму затрат, предоставляя возможность осуществить досрочное планирование руководству интернет-магазина.



Перспективы дальнейших исследований

Результаты представленных в данной работе исследований являются основой для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, направленных на доработку представленной информационной системы, а именно осуществление поддержки визуализации рассчитанных данных. Дальнейшие исследования позволят расширить функциональность системы и выполнить все сформулированные ранее требования, предъявляемые к разрабатываемой системе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-07-01323).

Список литературы

1. Савельев А. И. Электронная коммерция в России и за рубежом: правовое регулирование. М., 2014.
2. Козлова Т. В., Шулаев Д. В. Механизмы функционирования социотехнических систем // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2010. № 2. С. 278 – 280.
3. Ажмухамедов А. И. Управление антропогенными элементами в социотехнических системах // Прикладная информатика. 2015. № 3. С. 132 – 142.
4. Ажмухамедов И. М. Синтез управляющих решений в слабо структурированных плохо формализуемых социотехнических системах // Управление большими системами. 2013. № 42. С. 29 – 54.
5. Жутиков М. Д. Управление операционной эффективностью в сложных социотехнических системах // Наука, техника и образование. 2016. № 1 (19). С. 104 – 111.
6. Стативко Р. У. Нечеткое моделирование социотехнических систем // Научные технологии и инновации : юбилейная междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова (XXI научные чтения). Белгород, 2014. С. 61 – 66.
7. Проталинский О. М., Ажмухамедов И. М. Системный анализ и моделирование слабо структурированных и плохо формализуемых процессов в социотехнических системах // Инженерный вестник Дона. 2012. №3.
8. Лю Х. Метод нечеткого анализа иерархий для выбора сайта электронной коммерции // Вестник БГУ. Сер. 1: Физика. Математика. Информатика. 2014. № 3. С. 89 – 93.
9. Алиев Ф. А., Шафизаде Э. Р., Шихлинская Р. Ю., Муртузалиев Т. Ф. Экономико-математическая модель максимизации прибыли интернет-магазина // Актуальные проблемы экономики. 2013. № 3 (141). С. 210 – 218.
10. Ариничев И. В., Кривко М. С. Разработка экспертной системы количественной оценки риска банкротства КФХ на основе нечетко-множественного подхода // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 117. С. 619 – 630.
11. Ковальчук Л. Б., Лесков Б. П. Оценка результативности совокупного регионального процесса методом нечеткого логического вывода (на примере Забайкальского края) // Фундаментальные исследования. 2016. № 4, ч. 3. С. 602 – 607.
12. Отрах В. В., Сукончиков А. А., Кочкин Д. В., Бахтенко Е. А. Система нечеткого вывода в составе мультиагентной интеллектуальной системы поддержки принятия решений по оперативному рисковому ранжированию контрагентов // Тенденции развития науки и образования. Самара, 2017. Ч. 1. С. 29 – 32.
13. Бирюлин В. И., Куделина Д. В. Система нечеткого вывода оценки эффективности региональной энергетики // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Экономика. Информатика. 2015. № 13 (210), вып. 35/1. С. 128 – 132.

14. Береза А. Н., Береза Н. В., Павлова К. А. Нечеткая модель формирования цены единицы товара интернет-магазина // Научная весна – 2017: Технические науки. Шахты, 2017. С. 323–330.

15. Чернов В. Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. М., 2007.

16. Петровский А. Б. Теория принятия решений. М., 2009.

17. Дамиров В. М. Математическое моделирование спроса // Актуальные вопросы современной науки. 2010. № 16. С. 299–321.

18. Сатторов Ф. Д. Метод нечеткой многокритериальной поддержки принятия решений в сетевом планировании // Лесотехнический журнал. 2014. № 2. С. 247–258.

19. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. М.; СПб., 2007.

20. Бабич А. В. Введение в UML. Лекция 5: Диаграмма активностей: крупным планом. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1007/229/lecture/5958> (дата обращения: 20.01.2018).

21. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство. СПб., 2008.

Об авторах

Кристина Александровна Павлова – магистрант, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ в г. Шахты, Россия.

E-mail: crist.pavlova2012@yandex.ru

Наталья Викторовна Береза – канд. эконом. наук, доц., Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ в г. Шахты, Россия.

E-mail: nvbereza@bk.ru

Андрей Николаевич Береза – канд. техн. наук, доц., Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ в г. Шахты, Россия.

E-mail: anbirch@mail.ru

Вадим Валерьевич Бегляров – канд. техн. наук, доц., Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ в г. Шахты, Россия.

E-mail: torbww@yandex.ru

The authors

Kristina Pavlova, Master Student, Institute of services and entrepreneurship, business, Don State Technical University (Shakhty branch), Shakhty, Russia.

E-mail: crist.pavlova2012@yandex.ru

Dr Natalia Bereza, Associate Professor, Institute of services and entrepreneurship, business, Don State Technical University (Shakhty branch), Shakhty, Russia.

E-mail: nvbereza@bk.ru

Dr Andrey Bereza, Associate Professor, Institute of services and entrepreneurship, business, Don State Technical University (Shakhty branch), Shakhty, Russia.

E-mail: anbirch@mail.ru

Dr Vadim Beglyarov, Associate Professor, Institute of services and entrepreneurship, business, Don State Technical University (Shakhty branch), Shakhty, Russia.

E-mail: torbww@yandex.ru