

*На правах рукописи*

**Ремезова Екатерина Максимовна**

**МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ КИС  
НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ  
И АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы  
экономики

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

**Научный руководитель** Доктор экономических наук, профессор  
**Чернов Владимир Георгиевич**

**Официальные оппоненты:** **Емельянов Александр Анатольевич**  
доктор экономических наук, профессор  
Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, профессор кафедры менеджмента и информационных технологий  
в экономике

**Конюховский Павел Владимирович**  
доктор экономических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», профессор кафедры экономической кибернетики

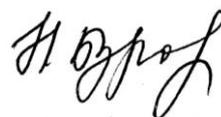
**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова»

Защита состоится «17» апреля 2017 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.354.21 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» по адресу: 191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 21, ауд. 3007.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://www.unecon.ru/dis-sovety> Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 года.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор экономических наук, профессор



Н. В. Бурова

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертационного исследования.** На сегодняшний момент на рынке информационных технологий предлагается более полутора десятков отечественных и зарубежных корпоративных информационных систем (КИС). Однако приобретение лицензии и принятие решения о внедрении совершенно не гарантирует стопроцентный успех проекта, что подтверждает мировая статистика, в соответствии с которой только 35 – 40% всех проектов приносят положительный эффект, остальные же просто сворачиваются, причем это касается как крупных, так и мелких предприятий. Если же взять аналогичную статистику по России, то здесь этот процент гораздо ниже. Индивидуальные особенности проекта внедрения КИС, отсутствие соответствующего опыта, наличие значительного уровня неопределенности при оценке последствий определяют необходимость выработки целостной системы подготовки проекта внедрения КИС, позволяющей оценить, как процесс внедрения, так и его последствия

**Степень разработанности научной проблемы.** Подготовку проекта внедрения КИС следует рассматривать как объект ситуационного (системного) анализа, ряд вопросов которого, относящиеся к описанию и планированию проекта внедрения КИС, исследовали Баранов В.В., Борисов Д.Н., Глаздин Е.С., Кале В., О’Лири Д., Петров Ю.А., Самардак А.С., Авдошин С.М., Грекула В.И., Карпов Д.В., Тельнов Ю.Ф., Песоцкая Е.Ю., Питеркин С.В., Сатунина А.Е., Волкова В.Н., Денисов А.А., Емельянов А.А., Новицкая Е.Г., Рассел С., Решетников, М.М.

Участие в процессе подготовки проекта внедрения различных экспертных групп может быть рассмотрено в рамках методологии многоагентных систем (МАС), различные аспекты которых исследованы Таранниковым Н.А., Карсаевым О.В, Конюшевым В.Г., Гуревичем Л.А., Вахитовым А.Н., Граничиным О.Н., Кияевым В. И. Кроме того, наличие нескольких экспертных групп предполагает наличие согласованной системы оценок для принятия окончательного решения, ряд вопросов построения которой исследован Морозовым А. В., Рязанцевым В. И., Стрижовым В. В., Шакиным В. В, Чегодаевым А. И. Однако известные методы не учитывают принципиальную неопределенность экспертных оценок и их неоднородный характер, что характерно для подготовки проекта внедрения КИС.

Нестатистическая неопределенность экспертных заключений, используемых в ходе подготовки проекта внедрения, предположительный, статистически незначимый характер оценок результатов внедрения делают целесообразным применение для поддержки процессов принятия решений, оценки эффективности и рисков аппарата теории нечетких множеств. Особенности использования нечетких множеств первого порядка (НМ1) для подготовки проектов внедрения КИС были рассмотрены Недосекиным А.О, Корольковым М.Д., Сегодой А.В., Игнатьевым М.Н., Низамовой А.Ш., Кофма-

ном А., Хил Алуха Х., Железко Б.А., Дударковой О.Ю., Подобедом Т.Н., Черновым В.Г. Нечеткие множества второго порядка (НМ2), теоретические аспекты которых исследованы Л. Заде, Дж. Менделем, Р. Джоханом, Н. Карником, Д. Ву, М. Маник, О. Линда, Л. А. Демидовой, могут рассматриваться как инструмент более полного учета неопределенностей, имеющих место при подготовке проекта внедрения КИС.

Отдельные вопросы планирования проекта внедрения КИС представлены в многочисленных исследованиях. В то же время проблема создания на единой основе экономико-математических моделей поддержки принятия решений при подготовке проекта внедрения, учитывающих наличие неопределенностей в оценке возможных результатов и рисков, связанных с внедрением КИС, не получила окончательного решения.

**Цель диссертационного исследования** заключается в создании моделей поддержки принятия решений при подготовке проекта внедрения КИС на предприятии (в организации), обеспечивающих формирование согласованной системы критериев и оценку экономической эффективности и рисков проекта внедрения в условиях неопределенности с использованием МАС и теории нечетких множеств.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие теоретические и практические **задачи**:

1. Проанализировать основные особенности проектов внедрения КИС на предприятии (в организации);
2. Выявить основные проблемы, возникающие у руководства в процессе подготовки и реализации проекта внедрения КИС;
3. Провести критический анализ ранее разработанных методов оценки экономической эффективности проектов внедрения КИС, в том числе с использованием теории нечетких множеств, в частности НМ1;
4. Проанализировать теоретические особенности применения НМ2 и МАС в контексте исследуемой проблемы;
5. Предложить комплексный подход к формированию согласованной системы критериев и оценки экономической эффективности и рисков проектов внедрения, интегрирующий возможности НМ1, НМ2 и методологии МАС.

**Объект и предмет исследования.** Объект исследования – предприятия всех организационно-правовых форм в процессе подготовки проекта информатизации деятельности. Предмет исследования – процесс принятия обоснованного решения по выбору корпоративной информационной системы при подготовке проекта ее внедрения на предприятии.

**Методологическую базу исследования** составляют методы системного анализа (ситуационный анализ исследуемой области), методы математического моделирования, методы оценки эффективности и риска, методы многокритериальной оценки альтернатив.

**Теоретическую основу исследования** составляют научные работы отечественных и зарубежных авторов, посвященные вопросам внедрения КИС на предприятии, системному анализу, практическому применению МАС, теории нечетких множеств, в частности НМ1 и НМ2, теории принятия решений, синергетического эффекта.

**Информационная база исследования** представляет собой данные по объектам, на которых проводилась апробация разработанных моделей.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования** обеспечивается достаточно серьезной методологической базой исследования, корректным использованием математического аппарата теории системного анализа, теории нечетких множеств при формировании информационной базы объекта исследования и построении согласованной системы критериев и оценок экспертов для анализируемых альтернатив проекта внедрения КИС, а так же обоснованным применением НМ1 и НМ2 при оценке экономической эффективности и рисков возможных проектов внедрения. Достоверность подтверждается апробацией предложенных экономико-математических моделей поддержки принятия решений при планировании проекта внедрения КИС на примере реальных предприятий Владимирской области.

**Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.**

Диссертация и научные результаты, выносимые на защиту, соответствуют Паспорту специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики:

1. Математические методы: 1.1. Разработка и развитие математического аппарата анализа экономических систем: математической экономики, эконометрики, прикладной статистики, теории игр, оптимизации, теории принятия решений, дискретной математики и других методов, используемых в экономико-математическом моделировании.

2. Инструментальные средства: 2.3 Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях.

**Научная новизна результатов исследования** заключается в том, что модели поддержки принятия решений при подготовке проекта внедрения КИС, позволяющие сформировать единую согласованную систему критериев и оценить экономическую эффективность и риск проектов внедрения КИС, созданы на основе интегрирования интеллектуальной технологии МАС, НМ1 и НМ2, позволяющих проанализировать причинно-следственные связи между исследуемыми параметрами и воздействующими на них факторами в условиях неопределенности, при этом возникает возможность учета синергетического эффекта рисков, связанных с проектом внедрения.

**Наиболее существенные результаты исследования, выносимые на защиту.** Наиболее существенными являются следующие научные результаты, полученные лично автором:

1. Разработана структура МАС поддержки принятия решений, которая позволяет выявить в полном объеме причинно-следственные связи, возникающие при подготовке проекта внедрения КИС, что обеспечивает корректную оценку экономической эффективности и риска проекта внедрения.
2. Доказано, что в условиях слабой структурированности, характерной для задачи подготовки проекта внедрения КИС, применение НМ1 и НМ2 позволяет не только оперировать с экспертными оценками, представленными в не числовой, лингвистической форме, но и обеспечивает более адекватный учет нестатистических факторов неопределенности, влияющих на процессы принятия решений по проекту внедрения КИС.
3. Разработана модель формирования согласованной системы критериев для оценки альтернативных проектов внедрения КИС с учетом того, что в подготовке проекта внедрения могут участвовать несколько групп экспертов, а также модель согласования экспертных оценок соответствия альтернативных проектов внедрения требованиям критериев, учитывающая неопределенность оценок и возможность их представления в числовой или вербальной форме.
4. Разработаны: на основе НМ1 модель оценки альтернативных вариантов проекта внедрения КИС по критериям, характеризующим ожидаемые положительные результаты; модель оценки предполагаемой экономической эффективности внедрения, отличительной особенностью которой является представление ожидаемых значений показателей экономической эффективности в виде нечетких множеств второго порядка, а также в применении интервальной нечеткой математики для расчета этих показателей; модель оценки рисков альтернативных вариантов проекта внедрения КИС с учетом удельных весов каждого риска по проекту как в группе (риски на стадии планирования и риски на стадии реализации), так и по всей совокупности проектных рисков, где проявляется синергетический эффект.
5. Предложена процедура структурирования альтернативных вариантов проекта внедрения, основанная на адаптированном под НМ2 методе ELECTRE-1, что существенно расширяет его возможности в плане учета неопределенностей используемых критериальных оценок, а также позволяет структурировать альтернативные проекты с учетом как показателей экономической эффективности, так и риска по проекту.

### **Теоретическая значимость исследования.**

Разработанные экономико-математические модели представляют собой аналитический инструментарий, позволяющий на этапе подготовки оценить возможные альтернативные проекты внедрения корпоративных информационных систем на предприятии или организации и подготовить материалы для обоснованного принятия руководством решения по внедрению, что позволит сократить расходы на привлечение сторонних консалтинговых компаний, а также повысить вероятность успешной реализации проекта внедрения.

**Практическая значимость исследования.** На основе результатов диссертационного исследования могут быть подготовлены специальные курсы в высших учебных заведениях или методическое пособие, которые могут использоваться в рамках таких дисциплин, как «Корпоративные информационные системы» и «Компьютерные системы поддержки принятия решений» для направления 09.03.03 «Прикладная информатика».

**Апробация результатов исследования** проводилась на 15 международных, всероссийских и региональных научных конференциях. Результаты диссертационной работы были использованы при выборе КИС для внедрения на ООО "Колокшанский агрегатный завод", а также муниципального унитарного предприятия «Мелкий опт» и управления муниципального заказа администрации г. Владимира, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

**Публикации результатов исследования.** Результаты исследования опубликованы в 15 научных работах общим объемом 5,27 п.л., в том числе в печатных изданиях, рекомендуемых ВАК – 4 работы, авторским объемом – 1,6 п.л.

**Структура диссертации.** Общий объем диссертационного исследования составляет 146 страниц. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка источников используемой литературы в количестве 120 наименований, 9 таблиц и 24 рисунков.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

*1) Структура многоагентной системы поддержки принятия решений, позволяющей выявить причинно-следственные связи, возникающие при подготовке проекта внедрения КИС, в результате чего может быть обеспечена корректная оценка экономической эффективности и риска проекта внедрения.*

Подготовка и реализация проекта внедрения КИС состоит во взаимодействии большого числа участников – агентов, действующих в рамках их компетенций, которые функционируют с учетом особенностей внешней и внутренней среды предприятия и используют большое количество различ-

ных критериев для оценки причинно-следственных связей, возникающих при рассмотрении альтернативных проектов внедрения. Процесс распределения заданий между агентами в МАС, структура которой приведена на рис. 1, представляется как система распределенного решения проблемы, базирующаяся на принципах системного анализа. В этих условиях целью эксперта (основного агента) будет проведение наиболее эффективного анализа альтернативных проектов, в связи с чем основная его функция заключается в формировании набора оценок альтернативных проектов внедрения.



**Рисунок 1 Структура мультиагентной системы оценки альтернатив проекта внедрения КИС**

Агент-эксперт может быть представлен несколькими группами независимых экспертов (например, руководство, внутренние и внешние эксперты), в связи с этим возникает необходимость построения согласованного множества критериев, по которому с учетом их различной природы, специфики представления оценок будет проводиться структурирование системы альтернатив на базе отношений превосходства. Кроме того, выполняется подготовка соответствующей информации для агента-координатора с учетом сообщений агента-консультанта по внедрению. Результатом работы предлагаемой МАС является создание согласованной системы критериальных оценок альтернативных вариантов и их структуризация в смысле предпочтительности для предприятия. При этом следует заметить, что на сегодняшний день МАС представляют собой сложные программные приложения, состоящие из программируемых интеллектуальных сущностей, способных решать поставленные задачи в условиях физической или ситуационной неопределенности на основе программных алгоритмов. Целью данного диссертационного исследования является разработка методологических моделей и алгоритмов выбора наилучшего проекта, которые в дальнейшем будут использованы при разработке приложения МАС в виде программно-конфигурируемой сети.

2) Применение НМ1 и НМ2 позволяет обеспечить более корректный учет нестатистических факторов неопределенности, влияющих на процессы принятия решений по проекту внедрения КИС.

Анализ существующих методов оценки эффективности проектов внедрения показывает, что в них либо практически полностью исключается неопределенность, несмотря на то, что она является принципиальной особенностью экспертных оценок, либо она формально описывается как распределение вероятностей, построенное на основе субъективных экспертных оценок, что в очень большом количестве случаев является явной идеализацией.

Использование вероятностного подхода при анализе проектов внедрения КИС затрудняется отсутствием статистически значимой информации или недостаточным размером выборки по некоторым из параметров проекта, что обусловлено особенностями каждого проекта внедрения. Сами оценки вероятностей (объективных и субъективных) зависят от множества факторов, начиная от качества статистической информации и заканчивая качеством экспертных оценок. Поэтому достоверность результирующей оценки эффективности и риска проекта слишком сильно зависит от этих обстоятельств, что приводит к росту недоверия к получаемым на их основе решениям. Этим можно объяснить наличие зарубежных и отечественных исследований по разработке моделей оценки эффективности и риска проектов внедрения КИС с помощью аппарата теории нечетких множеств, где вместо распределения вероятности применяется распределение возможности.

В настоящий момент наибольшее применение в рассматриваемых задачах получили НМ1, предложенные Л. Заде в 1965 г. :  $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$ , где  $\mu_A(x)$  — функция принадлежности (ФП), указывающая, в какой степени элемент  $x$  принадлежит нечеткому множеству  $A$ . Значения ФП принадлежат некоторому линейно упорядоченному множеству  $M$ , которое называется множеством принадлежностей и определяется как отрезок  $[0,1]$ . Конкретный вид ФП выбирается на основе экспертных представлений об исследуемой ситуации. НМ1 позволяют учесть неопределенности в экспертных оценках параметров проектов внедрения КИС. В то же время при построении ФП НМ1 задаются четкие границы интервалов их определения и, как следствие, четкие значения ФП, характеризующих достоверность оценки параметров инвестиционных проектов внедрения КИС. Это не совсем адекватно условиям их развития. В большинстве случаев границы интервалов будут размываться, и степень размывания растет с увеличением длительности реализации проектов, в особенности это будет касаться оценки экономических показателей эффективности проектов внедрения. В связи с этим при оценке предполагаемых значений экономических показателей, рисков альтернативных проектов внедрения КИС, а также при их ранжировании для принятия окончательного решения целесообразно использовать обобщение НМ1 – нечеткие множеств второго порядка (НМ2):  $A = \{(x, u), \mu_A(x, u) | \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1]\}$ , где  $X$  - универсальное множество,  $\mu_A(x, u)$  – множество функций принадлежности  $\mu_A(x)$ , характеризующих степень принадлежности элементов  $x$  и  $u$  множеству  $A$ .

Параметр  $u$  – след неопределенности (FOU) – размывание ФП первого порядка, который полностью описывается нижней и верхней функциями принадлежности, каждая из которых представляет собой нечеткое множество первого порядка. Следовательно, при оперировании с НМ2 можно использовать математику, разработанную для НМ1.

3) Модель формирования согласованной системы критериев для оценки альтернатив проекта внедрения КИС, учитывающая возможное участие нескольких экспертных групп, например, внутренние (работники предприятия):  $E_T = \{e_i^T, i = \overline{1, T}\}$ , внешние (специалисты по внедрению КИС):  $E_Q = \{e_i^Q, i = \overline{1, Q}\}$  и представители TOP-менеджмента:  $E_B = \{e_i^B, i = \overline{1, B}\}$

Рассмотрим одну экспертную группу –  $E_T$ . С оценками остальных экспертных групп будем поступать аналогично. Каждый из экспертов  $e_i^T \in E_T$  может построить свою систему критериев:  $C(e_i^T) = \{c_{i,k}^T, k = \overline{1, K_i^T}\}$ . Целесообразность включения критериев в объединенную систему  $\hat{C}_T$  оцениваем лингвистическими значениями, например,  $L = \{\text{низкая (не стоит), средняя (стоит), высокая (очень стоит)}\}$ :  $M = \{\mu_n(z), \mu_{cp}(z), \mu_g(z)\}$ ,  $z \in [0,1]$ , и тогда объединенная система критериев строится как логическая сумма по всем критериям, выбранным каждым экспертом:  $C' = (\vee C^T(e_i)) \vee (\wedge C^T(e_i))$ . Поскольку в  $C'$  могут попасть и малозначительные критерии, которые можно исключить: эксперт указывает значения истинности оценок о целесообразности включения критерия в объединенную систему:

$S = \left\{ s_1/\text{низкая}, s_2/\text{средняя}, s_3/\text{высокая} \right\}$ , где  $s_i \in [0,1], i = 1,2,3$ . Тогда

оценка целесообразности включения критерия в систему определяется как:  $M \wedge S = \{\mu_n(z) \wedge s_1, \mu_{cp}(z) \wedge s_2, \mu_g(z) \wedge s_3\}$ . Аналогично обрабатываются оценки других экспертных групп.

В результате целесообразность включения того или иного критерия в согласованную систему задается некоторым нечетким множеством. Для принятия решения используется значение его мощности по каждой экспертной оценке:  $w(a), w(b), w(c)$ , т.е.  $w(a_{ij}), w(b_{ij}), w(c_{ij})$  по всем  $i$  и  $j$ . Далее вычисляются суммарные мощности оценок по каждому критерию:  $w(a_j) = \sum_{i=1}^k w(a_{ij})$ ;  $w(b_j) = \sum_{i=1}^k w(b_{ij})$ ;  $w(c_j) = \sum_{i=1}^k w(c_{ij})$ . Если для  $j$ -критерия  $w(a_j) < w(b_j) < w(c_j)$ , то данный критерий является значимым и его следует включить в объединенную систему критериев  $\hat{C}_T$ . Аналогично получаем множества  $\hat{C}_B$  и  $\hat{C}_Q$ . Объединенная система критериев будет получена как:  $C'' = \hat{C}_T \oplus \hat{C}_B \oplus \hat{C}_Q$ .

4) Модель согласования экспертных оценок соответствия альтернативных проектов внедрения требованиям критериев с учетом их неопределенности.

В качестве исходных данных используется множество оценок, полученных ранее группами экспертов и представленных в балльной форме:  $\theta = \{\theta_i, i = \overline{1, I}\}$ , где  $i$  – номер эксперта (номер группы). Построим термножество  $L = \{l_j, j = \overline{1, Y}\} \rightarrow M(L) = \{\mu_{l_j}(z) / z \in \theta\}$ , где  $l_j$  – лингвистические значения экспертных оценок,  $\mu_{l_j}(z)$  – функции принадлежности соответ-

ствующих нечетких множеств. Для фаззификации балльных оценок строится нечеткое отображение  $\tilde{\Gamma}: \theta \rightarrow L$ . Если ФП  $\mu_{li}(z)$  построены согласно установленным правилам, то каждой балльной оценке будут соответствовать два соседних лингвистических значения  $l_j(i)$  и  $l_{j+1}(i)$  с соответствующими ФП  $\mu_{l_j}^{(i)}, \mu_{l_{j+1}}^{(i)}$ . Очевидно, что число пар  $\{\mu_{l_j}^{(i)}, \mu_{l_{j+1}}^{(i)}\}$  будет равно числу экспертов  $I$ .

Если рассматривать значения ФП как множество материальных точек с массами  $\mu_{l_j}^{(i)}(z)$ ,  $z \in [0,1]$ , то обобщенной характеристикой такого множества является координата центра тяжести. Для простоты рассмотрим случай двух экспертов (при увеличении их количества суть останется та же, изменится только количество исходных значений для расчета)  $\theta_i, \theta_k$ . В качестве лингвистических значений для этих оценок выберем те, для которых имеются большие значения ФП. Координата центра тяжести такой системы определяются как:

$$CG = \frac{\sum \mu(z_q)z_q}{\sum \mu(z_q)} = \frac{\sum_{q \in l_r} \mu_{l_r}^{(i)}(z_q)z_q + \sum_{q \in l_p} \mu_{l_p}^{(k)}(z_q)z_q}{\sum_{q \in l_r} \mu_{l_r}^{(i)}(z_q) + \sum_{q \in l_p} \mu_{l_p}^{(k)}(z_q)} = \dots = \frac{CG_{l_r}^{(i)} * m_{l_r}^{(i)} + CG_{l_p}^{(k)} * m_{l_p}^{(k)}}{m_{l_r}^{(i)} + m_{l_p}^{(k)}}.$$

Поскольку координата центра тяжести является обобщенной характеристикой, то её можно рассматривать как согласованную оценку, основанную на двух несовпадающих оценках  $\theta_i, \theta_k$ . Полученный результат можно распространить на произвольное количество экспертов, а также он будет справедлив при любых расположениях и сочетаниях лингвистических оценок.

*5) Модель оценки по критериям, уровень соответствия по которым определяется непосредственно экспертами.*

В зависимости от предпочтений экспертов их оценки проектов внедрения могут формулироваться либо в балльной, либо в форме лингвистических утверждений. Учитывая принципиальную неопределенность экспертных оценок, необходим единый вариант формализации, в качестве которого могут использоваться НМ1. В этом случае необходимо задать лингвистическую шкалу  $L = \{l_j, j = \overline{1, J}\} \rightarrow M(L) = \{\mu_{l_j}(z)/z \in [0,1]\}$  и степень уверенности в этой оценке, т.е. задать пару  $\{s_j, l_j\}$ , что эквивалентно фиксации значения соответствующей функции принадлежности на уровне  $s_j$ . Для оценок в балльном виде  $P_{il} = \{p_{il}; i = \overline{1, N}\}$ , где  $i$  – номер альтернативы,  $l$  – номер критерия в группе, следует преобразовать их в лингвистические представления, т.е. построить нечеткое отображение  $\tilde{\Gamma}_{P_{il}}: P_{il} \rightarrow L$ .

Каждой балльной оценке может быть поставлено в соответствие два соседних лингвистических значения  $l_j(i)$  и  $l_{j+1}(i)$  с соответствующими функциями принадлежности  $\mu_{l_j}^{(i)}, \mu_{l_{j+1}}^{(i)}$ . Тогда получаем, что число пар  $\{\mu_{l_j}^{(i)}, \mu_{l_{j+1}}^{(i)}\}$  будет равно числу исследуемых критериев по каждой альтерна-

тиве. Итоговую оценку можно получить как объединение:  $\mu_{l_j}^{(i)} \vee \mu_{l_{j+1}}^{(i)} = \max(\mu_{l_j}^{(i)}, \mu_{l_{j+1}}^{(i)}) = \mu_{l_j^*}^{(i)}$ . После этого задаются веса каждого из критериев в группе в соответствии с приоритетами и направленностью предприятия  $v_k \in [0,1]$  и  $\sum_{k=1}^K v_k = 1$ .

Для получения итоговой оценки по рассматриваемой группе критериев используем аддитивную свертку критериев:  $P_{il}^* = (\mu_{l_j^*}^{(i)} * v_k) \vee (\mu_{l_j^*}^{(i+1)} * v) = (\mu_{l_j^*}^{(i)} * v) + (\mu_{l_j^*}^{(i+1)} * v) - (\mu_{l_j^*}^{(i)} * w) * (\mu_{l_j^*}^{(i+1)} * v_k)$ . Соответственно можно предварительно выделить наилучшую альтернативу по этой группе критериев, но ее нельзя признать окончательной, т.к. оценка была проведена только на основе части критериев, а не всей их совокупности.

*б) Модель оценки экономической эффективности альтернативных проектов внедрения КИС на основе показателей экономической эффективности.*

Большинство методов, используемых на сегодняшний день для оценки экономической эффективности проектов внедрения КИС, основываются на одном из следующих показателей: общая стоимость владения (*ТСО*); время внедрения (*ТТИ*), помимо которого надо учитывать и срок окупаемости (*DPP*); возврат инвестиций (*ROI*); чистая дисконтированная стоимость проекта внедрения КИС (*NPV*); индекс рентабельности (*PI*). Предлагается комплексное применение системы показателей экономической эффективности, представленных в табл. 1.

**Таблица 1. Формулы для расчета показателей эффективности альтернатив проекта внедрения КИС**

Показатель эффективности	Формула для расчета
<b>NPV</b>	$= - \left( \sum_{t=1}^k (I_t / (1+r)^t) + I_0 \right) + \sum_k^n F_k / (1+i)^k$
<b>DPP</b>	$= \sum_{t=1}^k (I_t / (1+r)^t) + I_0 / \sum_k^n F_k / (1+i)^k$
<b>PI</b>	$= \sum_k^n F_k (1+i)^k / \sum_{t=1}^k (I_t / (1+r)^t) + I_0$
<b>ROI</b>	$= P / 0,5 * \left( \sum_{t=1}^k (I_t / (1+r)^t) + I_0 - I_{лик} \right)$

Значения основных параметров, необходимых для расчета: денежные потоки (прибыль предприятия после внедрения -  $F_k$ ), инвестиционные вложения (расходы на внедрение и эксплуатацию -  $I_t$ ), ставка инфляции ( $i$ ) и ставка дисконтирования ( $r$ ), относятся к будущим моментам времени и поэтому должны рассматриваться как предполагаемые, при этом в зависимости от квалификации агента-эксперта они могут иметь характер нечетких интервалов. Применение НМ1 требует четкого задания границ интервалов и функций принадлежности, что в свою очередь ограничивает степень адекватности учета неопределенности соответствующего параметра. Поэтому предлагается использовать НМ2, тогда оценка возможности реализации какого-то значения на интервале определения параметра становится нечеткой, что в свою очередь позволяет увеличить глубину и адекватность представления неопределенностей, присущих экспертным оценкам.

При использовании интервальных НМ2 эксперту необходимо задать интервалы, в которых будут определяться возможные оценки исследуемых параметров: наиболее пессимистическая оценка  $x_{k_1} \in [x_{min_1}; x_{max_1}]$ ; интервалы наиболее ожидаемого значения -  $x_{k_2} \in [x_{min_2}; x_{max_2}]$ ; наиболее оптимистическая оценка  $x_{k_3} \in [x_{min_3}; x_{max_3}]$ . Кроме того, эксперту необходимо задать вес рассматриваемого параметра исходя из того, насколько эксперт уверен в своем прогнозе:  $u_{x_k} \in [0,1]$ , что позволит учитывать не только неопределенность исследуемой ситуации принятия решения, но и неопределенность экспертных оценок этой ситуации. Тогда интервальное НМ2 представляется как:  $\tilde{A}_{x_k} = \left\{ \left( (x_k, u_{x_k}), \mu_{\tilde{A}}(x_k, u_{x_k}) \right) \mid \forall x_{k_j} \in [x_{min_j}; x_{max_j}], \forall u_{x_k} \in [0,1] \right\}$ .

После задания каждого входного параметра в виде интервального НМ2 вычисляются возможные значения показателей эффективности с использованием операций пересечения и объединения нечетко-интервальных множеств. В результате расчетов каждому показателю экономической эффективности исследуемой альтернативы будет соответствовать новое интервальное НМ2, а также ранговая значимость этого показателя на всей совокупности (в виде НМ2).

*7) Модель оценки рисков альтернатив проекта внедрения КИС с учетом удельных весов каждого риска по проекту как в группе (риски на стадии планирования и риски на стадии реализации), так и по всей совокупности проектных рисков, где проявляется синергетический эффект как дополнительный фактор неопределенности.*

На стадии подготовки проекта внедрения КИС необходимо продумать такой процесс, как управление рисками, который заключается в четком осознании внутренних и внешних причин, которые могут воздействовать на процесс подготовки проекта и привести к срыву его реализации.

В предложенной модели оценки рисков проекта внедрения на основе интервальных НМ2 на первом этапе в результате проведения предварительной идентификации выявляется общая совокупность частных рисков по проекту внедрения КИС:  $R = \{r_{ij}; i = \overline{1, N}, j = [1, 2]\}$ , где  $i$  – номер риска,  $j$  – номер группы, в которую попал этот риск (1 – на этапе планирования; 2 – на этапе реализации). На втором этапе задаются лингвистические оценки возможного проявления каждого риска, которые будут определяться на интервале  $[0, 1]$ : наиболее оптимистичная оценка  $l_{s_1} \in [l_{min_1}; l_{max_1}]$ ; интервалы наиболее ожидаемого значения –  $l_{s_2} \in [l_{min_2}; l_{max_2}]$ ; наиболее пессимистичная оценка  $l_{s_3} \in [l_{min_3}; l_{max_3}]$ . На третьем шаге необходимо определить удельный вес каждого риска, причем как в группе, так и по всей совокупности рисков проекта, находящийся в интервале  $[0, 1]$  в зависимости от приоритетов и специфических особенностей предприятия, на котором планируется внедрение. Далее задаются соответствующие ФП для каждой лингвистической оценки риска:  $M_{r_i} = \{\mu_{r_{ij}}(l_s, u_{ij})\}$ . При этом оценка каждой группы рисков может осуществляться по **благоприятному сценарию** (возможные проявления частных рисков имеют низкие оценки, тогда возможность данной группы рисков тоже низкая, соответственно свертка интервальных НМ2 выполняется через операцию пересечения) или **неблагоприятному** (возможные проявления частных рисков имеют высокие оценки, тогда возможность данной группы рисков тоже высокая, поэтому свертка интервальных НМ2 выполняется через операцию объединения). На завершающем этапе рассчитывается агрегированная оценка рисков всего проекта в целом через вычисление среднего между всеми частными рисками с помощью операции  $\lambda$ -суммы нечетких множеств:  $R = \sum_{i=1}^M \mu_{r_{ij}}(l_s, u_{ij}) * \lambda_{iR} = \{\mu_R(l_s, u_{ij}); l_s, u_{ij} \in [0, 1]\}$ , где  $\lambda_{iR}$  – удельный вес  $i$ -го риска проекта для всех  $i_R = \overline{1, M}$  и  $\sum_{iR=1}^M \lambda_{iR} = 1$ .

8) Предложена процедура структурирования альтернатив, основанная на адаптированном под НМ2 методе ELECTRE-1, что существенно расширяет его возможности в плане учета неопределенностей экспертных оценок и позволяет структурировать альтернативные проекты внедрения с учетом как показателей экономической эффективности, так и риска.

Задача многокритериального выбора альтернатив, к которой относится и подготовка проекта внедрения КИС, как правило, решается путем линейной свертки критериев. Основными недостатками такого подхода можно считать наличие в свертке критериев различных по физической природе и логическому содержанию, а также использование точечных, числовых оценок критериального соответствия, представляющих гипотезу о возможном состоянии ситуации принятия решений, т.е. знание подменяется предположением. В методе же многокритериального альтернативного выбора

ELECTRE-1 не предполагается свертка критериев и вычисление количественного показателя качества каждой альтернативы, а устанавливаются отношения превосходства одной альтернативы над другой.

Предлагается модификация метода ELECTRE-1, в которой вместо точечных числовых оценок альтернатив используются интервальные HM2. Тогда исследуемая задача описывается как совокупность критериев оценки:  $\{NPV, PI, ROI, DPP, R, P\}$  с соответствующими шкалами;  $\tilde{V}$  – веса критериев (ранги экономических показателей и удельный вес рисков);  $\tilde{L}$  – оценка альтернатив по критериям (результаты оценки показателей эффективности и рисков), которые представляются интервальными HM2, полученными с помощью предыдущих процедур оценки альтернативных проектов внедрения КИС. Это дает возможность учитывать факторы неопределенности в процессе принятия решения и неопределенность экспертных прогнозов, влияющих на проект внедрения, до получения итогового результата и принятия окончательного решения.

Используя полученные оценки анализируемых альтернатив, рассчитываются значения индексов согласия и несогласия (определяют согласие и несогласие с гипотезой, что одна альтернатива превосходит другую альтернативу). Индекс согласия рассчитывается как отношение суммы весов критериев подмножеств  $D^+$  и  $I^{\sim}$  к общей сумме весов:  $\tilde{Y}_{A_1A_2} = \sum_{i \in D^+, D^{\sim}} \tilde{v}_i / \sum_{i=1}^K \tilde{v}_i$ . Множество  $K$  критериев, разбивается на три подмножества:  $D^+$  – подмножество критериев, по которым  $A_1$  превосходит  $A_2$ ;  $D^{\sim}$  – подмножество критериев, по которым  $A_1$  равноценно  $A_2$ ;  $D^-$  – подмножество критериев, по которым  $A_2$  превосходит  $A_1$ . Индекс несогласия рассчитывается на основе самого «противоречивого» критерия — критерия, по которому  $A_2$  в наибольшей степени превосходит  $A_1$ :  $N_{A_1A_2} = \max_{i \in I^-} (\tilde{l}_{A_2}^i - \tilde{l}_{A_1}^i / L_i)$ , где  $\tilde{l}_{A_2}^i, \tilde{l}_{A_1}^i$  – нечеткие оценки альтернатив по  $i$  –критерию;  $L_i$  – длина шкалы  $i$  –критерия. Далее задаются уровни согласия и несогласия, с которыми сравниваются рассчитанные индексы для каждой пары альтернатив. Если индекс согласия выше заданного уровня, а индекс несогласия — ниже, то одна из альтернатив превосходит другую.

На завершающем этапе путем итерационного процесса подбора пороговых уровней согласия и несогласия определяется ядро, в которое входят наилучшие альтернативы. Последовательность ядер определяет упорядоченность альтернатив по качеству, благодаря чему выделяется наилучший альтернативный проект внедрения КИС.

### III. ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные результаты работы, полностью соответствующие цели и задачам исследования:

1. Разработанные модели формирования согласованной системы критериев и оценок критериального соответствия альтернативных проектов внедрения КИС учитывают неопределенность оценок экспертных

- групп, участвующих в подготовке проекта, допуская при этом использование их в числовой или вербальной форме.
2. Многокритериальная оценка альтернативных вариантов проектов внедрения КИС с использованием аппарата НМ1 позволяет не только учесть субъективные неопределенности заключений экспертов, но и предоставляет им возможность использовать различные виды оценок по критериям: числовые, балльные, лингвистические.
  3. Применение НМ2 и интервальной нечеткой математики в расчете предполагаемой экономической эффективности альтернативных проектов внедрения КИС позволяет не только учесть субъективные неопределенности в оценке значений параметров, используемых в экономических расчетах, но и моделировать возможные изменения этих неопределенностей в процессе реализации проекта, а также оценить всю совокупность проектных рисков с учетом синергетического эффекта.
  4. Нечеткие отношения предпочтения альтернативных проектов внедрения, полученные методом ELECTRE-1 с использованием НМ2 и интервальной нечеткой математики, позволяют структурировать альтернативные проекты внедрения КИС по всему множеству критериев оценки с учетом как самой неопределенности исходных данных, так и неопределенности ее возможных изменений в процессе реализации проекта.
  5. Экономико-математические модели поддержки принятия решений при подготовке проекта внедрения КИС на основе методологии мультиагентных систем, НМ1 и НМ2 показали свою работоспособность в условиях ООО «Колокшанский агрегатный завод», предприятие «Мелкий опт» при подготовке соответствующих проектов. Эти модели могут быть использованы руководством различных предприятий и организаций, где планируется внедрение корпоративной информационной системы, а также консалтинговыми фирмами.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Публикации в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации:

1. Ремезова Е.М. Нечеткие множества второго порядка: понятие, анализ, особенности применения // **Современные проблемы науки и образования.** – 2013. – № 5/ Е.М. Ремезова; URL: <http://www.science-education.ru/111-10506> - (0,5 п.л.)
2. Ремезова Е.М. Методы учета неопределенности в инвестиционном анализе/ Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов // **Финансы и кредит,** - 2013, - №15(543) (апрель), - с. 12-24. – (0,8 п.л., авт. объем 0,5 п.л.)

3. Ремезова Е.М. Модель поддержки принятия решения при подготовке проекта внедрения КИС на основе нечетких множеств второго порядка/Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов// Прикладная информатика, - 2014, - №3(51), - с. 110 – 118 - (0,5 п.л., авт. объем 0,3 п.л.)
4. Ремезова Е.М. Модификация метода принятия решения Electre-1 на основе нечетких множеств первого порядка/Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов // Динамика сложных систем - 21 век, №5, 2014 г. с. - (0,4 п.л., авт. объем 0,3 п.л.)
5. Ремезова Е.М. Анализ инвестиционных проектов на основе нечетких множеств второго порядка/ Е.М. Ремезова, А.Ю. Соколова, В.Г. Чернов // Информационные технологии в бизнесе: материалы 7-й международной научной конференции 2011 г. Санкт-Петербург. / Под ред. проф. В.В. Трофимова, В.Ф. Минакова. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, - 2011. – 194 с., ISBN 978-5-7310-2676-5 – (0,2 п.л., авт. объем 0,1 п.л.)
6. Ремезова Е.М. Учет факторов неопределенности при оценке эффективности инвестиционных проектов// Тематическая конференция по прикладной эконометрике: материалы второго российского экономического конгресса, Суздаль, 2013 г./ /Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов. URL: [www.econorus.org/c2013/program.phtml?vid=report&eid=243](http://www.econorus.org/c2013/program.phtml?vid=report&eid=243). - (0,3 п.л., авт. объем 0,15 п.л.)
7. Ремезова Е.М. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности //Иновационное развитие российской экономики: материалы V научно-практической конференции, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики/Е.М. Ремезова.- М., 2012. ISBN 978-5-7764-0747-5 – (0,22 п.л.)
8. Ремезова Е.М. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности на основе нечетких множеств второго порядка // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XII международной конференции, Воронеж, 9-10 февраля 2012: в 2 т., Воронежский государственный университет/ Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов. - Воронеж: Издательский центр Воронежского государственного университета, 2012 – т. 1 – 483 с. (0,23 п.л., авт. объем 0,13 п.л.)
9. Ремезова Е.М. Нечеткие множества второго порядка как инструмент математического моделирования, используемый для принятия эффективных инвестиционных решений // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIII международной конференции, Воронеж, 7-8 февраля 2013: в 4 т., Воронежский государственный университет, Торгово-промышленная палата Воронежской области, НОЦ «Волновые процессы в неоднородных и нелинейных средах»/ Е.М. Ремезова.- Воронеж: Издательский центр Воронежского государственного университета, 2013 ISBN 978-5-9273-2015-8 - (0,2 п.л.)

10. Ремезова Е.М., Информационная безопасность инвестиционной деятельности предприятий // "Securitatea informațională 2013", conf. intern. (10 ; 2013 ; Chișinău). Securitatea informațională 2013 : conf. intern., 19 apr. 2013 (ed. a 10-a Jubiliară) / com.org.: Grigore Belostecinic [et al.] /Е.М. Ремезова, М.А. Дорохов – Chișinău : ASEM, 2013. – 126 p. ISBN 978-9975-75-640-2 – 2 (0,2 п.л., авт. объем 0,15 п.л.)
11. Ремезова Е.М. Модель формирования инвестиционного портфеля с учетом влияния синергетических эффектов на основе нечетких множеств второго порядка // Научная дискуссия: вопросы экономики и управления, № 10 (19): сборник статей по материалам XIX международной заочной научно-практической конференции/ Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов. — М., Изд. «Международный центр науки и образования», 2013. — 204 с. ISSN 2309-222X – (0,25 п.л., авт. объем 0,15 п.л.)
12. Ремезова Е.М. Методика оценки эффективности и риска проекта внедрения корпоративной информационной системы на основе нечетких множеств второго порядка // Технические науки – основа современной инновационной системы: материалы III международной научно-практической конференции/ Е.М. Ремезова.- Йошкар-Ола: Коллоквиум, 2014. – 132. – ISBN 978-5-905371-55-4 - (0,2 п.л.)
13. Ремезова Е.М. Оценка эффективности проектов внедрения КИС на предприятии // Информационные технологии в современном мире: исследования молодых ученых: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов/ Е.М. Ремезова.- Харьков: ХНЕУ им. Семена Кузнеця, 2014. – 291 с. - (0,1 п.л.)
14. Ремезова Е.М. Модель выбора программного средства для проведения статистического исследования // Статистические методы в гуманитарных и экономических науках: материалы международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 28-29 января 2016 г.) Е.М., Ремезова, В.Г. Чернов, А.В. Шутов: СПб.: Нестор-История, 2016.- 364 с. ISBN 978-5-4469-0783-0 (0,2 п.л., авт. объем 0,15 п.л.)
15. Ремезова Е.М. Методы согласования экспертных оценок в задачах многоальтернативного выбора // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29 [текст]: сб. трудов XXIX Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т.3./ Е.М. Ремезова, В.Г. Чернов, под общ. ред. А.А. Большакова. – Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2016. – 242 с. ISBN 978-5-7433-2386-9 (0,37 п.л., авт. объем 0,3 п.л.)

Подписано в печать 10.02.17.  
Формат бумаги 60×84 1/16. Усл. печ. л. 0,93. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.