

*На правах рукописи*



**МЕЩЕРЯКОВ Олег Александрович**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА  
СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Специальность 05.13.17 – теоретические основы информатики**

**А в т о р е ф е р а т**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**Пенза – 2015**

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» на кафедре «Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент  
**Чулков Валерий Александрович.**

Официальные оппоненты: **Иванов Александр Иванович,**  
доктор технических наук, доцент,  
ОАО «Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт», начальник лаборатории биометрических и нейросетевых технологий;  
**Шикунская Ольга Михайловна,**  
доктор технических наук, профессор,  
ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт», главный научный сотрудник отдела научно-исследовательской деятельности.

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.

Защита состоится 20 мая 2015 г., в 16 часов, на заседании диссертационного совета Д 212.337.01 на базе ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» по адресу: 440039, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, д. 1а/11, корпус 1, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» и на сайте [www.penzgtu.ru](http://www.penzgtu.ru).

Автореферат разослан 31 марта 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



**Прошин Иван Александрович**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы.

Результативность бизнеса в современных условиях в значительной степени определяется организацией информационных служб и применяемыми оперативными средствами информационно-технологической поддержки принимаемых управленческих решений. Необоснованный выбор таких средств либо неполное использование их функциональных возможностей приводят к проблемам в процессе их установки и эксплуатации от мелких неудобств до полного отказа. В настоящее время общепризнано, что ни одна крупная компания не способна эффективно работать без использования специализированного программного обеспечения, позволяющего автоматизировать многие участки работы и обеспечить руководство компании нужным объемом информации, необходимой для принятия оперативных управленческих решений. Речь идет в первую очередь об интегрированных системах планирования ресурсов предприятия (ИС ПРП). Риск финансовых потерь особенно высок в отраслях, на деятельности которых сказывается множество трудно предсказуемых факторов, таких как погодные условия для предприятий агропромышленного комплекса (АПК).

К особенностям деятельности сельскохозяйственных предприятий следует отнести значительную продолжительность производственного цикла, разрыв между сроками производства продукции и формирования отчетных документов, сезонность производства, зависимость от природно-климатических факторов, специфичность средств производства. Особенности отрасли отражаются на кругообороте средств, организации финансовой деятельности и влияют на требования к программно-техническим средствам. Если еще десяток лет назад предприятия АПК были в достаточной мере обеспечены лишь бухгалтерскими информационными системами, то к сегодняшнему дню созданы разнообразные программные продукты для автоматизации экономико-хозяйственных процессов. Очевидно, что одним из условий дальнейшего развития аграрной отрасли, повышения эффективности хозяйствования на земле является информационно-технологическое обеспечение принимаемых управленческих решений и организация оперативных телекоммуникационных систем. Решение этих задач требует адаптации существующих программных средств к специфике агропромышленного комплекса, либо при необходимости – создания нового программного обеспечения (ПО).

Выбор ИС ПРП представляет собой сложную многокритериальную задачу, решение которой сопряжено с рядом рисков. Это в первую очередь отсутствие методик объективной сопоставительной оценки средств автоматизации производственных и управленческих процессов для их обоснованного выбора. Известно множество примеров, когда сельскохозяйственные компании шли на значительные финансовые затраты по приобретению ИС ПРП, однако не получали должной отдачи от их внедрения. Причиной таких просчетов послужили ошибки в оценке функциональных возможностей ПО и его производительности.

По этой причине в число актуальных задач выдвигается задача объективной оценки экономической эффективности внедрения на предприятиях новых информационных технологий, а также вопросы тестирования специализированного ПО. Так, при выборе ПО нельзя ориентироваться лишь на его стоимость

в расчете на скорую экономическую окупаемость. Следует принимать во внимание, что затраты на доработку и внедрение ПО могут многократно превысить его стоимость. Поскольку время принятия решения относительно оценки эффективности ИС ПРП обычно ограничено, оправдана разработка автоматизированной экспертной системы, поддерживающей обоснованный выбор ИС ПРП для предприятия АПК, выполняющей функции накопления и обработки актуальной информации об имеющемся рынке ИС ПРП и учитывающей заданные критерии в рамках сформулированной целевой функции.

Одна из задач, которую обязана решать подобная система для удовлетворения информационных потребностей коллективных и индивидуальных пользователей, состоит в формировании исходного перечня ИС ПРП, пригодных для использования на агропромышленном предприятии. Дополнительную информацию о свойствах и функциональных возможностях любой ИС ПРП можно получить путем ее предварительного тестирования по специальной методике с опорой на функциональные и технические требования заказчика. Хотя к настоящему времени уже сложилась некоторая практика проверки специализированных программных средств, не всегда такая проверка способна гарантировать достоверную оценку их эффективности в конкретных производственных условиях. Иногда выбор обусловлен поверхностными соображениями на основании деклараций производителя без учета особенностей решаемых задач. Очевидно, что методика тестирования ПО должна учитывать специфику конкретного предприятия и отрасли в целом.

#### **Степень разработанности темы исследования.**

Весомый вклад в теорию тестирования программных продуктов внесли Котляров В.П., McGregor J., Sykes D.A. и Б. Бейзер, последний из них представил процедуру функционального тестирования ПО как метод «черного ящика». Вопросы разработки качественных требований к программному обеспечению, формулирование основных задач и порядок проектирования представлены в трудах Karl E. Wiegers. Однако в известных литературных источниках вопросу оптимального выбора программного продукта с учетом специфики агропромышленного комплекса не уделено должного внимания. Хотя многие разработчики ПО предлагают методики тестирования своих собственных продуктов, оценить в комплексе эффективность их применения в конкретных производственных условиях, как показывают результаты выполненного аналитического обзора, известные методики не в состоянии.

Таким образом, вопросы тестирования ПО, ориентированного на поддержку деятельности агропромышленного предприятия, и создания методик его объективного выбора с учетом множества критериев к настоящему времени проработаны недостаточно. Указанная задача является актуальной, поскольку ее решение позволит повысить эффективность хозяйствования на земле за счет оптимизации процессов планирования и управления ресурсами предприятий.

**Объект исследования** – методы и средства планирования и управления ресурсами агропромышленного предприятия с использованием специализированных интегрированных пакетов прикладного программного обеспечения.

**Предмет исследования** – информационные модели интегрированных систем планирования и управления ресурсами предприятия агропромышленного комплекса и алгоритм многокритериального выбора таких систем.

**Соответствие паспорту научной специальности.** Область исследования соответствует паспорту специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики, по пункту 12 «Разработка математических, логических, семиотических и лингвистических моделей и методов взаимодействия информационных процессов, в том числе на базе специализированных вычислительных систем» и пункту 16 «... Разработка научных принципов организации информационных служб по отраслям народного хозяйства. Изучение социально-экономических аспектов информатизации и компьютеризации общества», а также формуле специальности «Теоретические основы информатики – специальность, включающая исследования процессов создания, накопления и обработки информации; исследования методов преобразования информации в данные и знания; создание и исследование информационных моделей, моделей данных и знаний, методов работы со знаниями, методов машинного обучения и обнаружения новых знаний; исследования принципов создания и функционирования аппаратных и программных средств автоматизации указанных процессов».

**Целью работы** является обеспечение обоснованного выбора интегрированной системы планирования ресурсов агропромышленного предприятия на основе создания и исследования информационной модели системы.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие основные **задачи**.

1. Разработка информационной модели интегрированной системы планирования ресурсов предприятия агропромышленного комплекса в виде иерархически связанной диаграммы классов на основе объектно-ориентированной декомпозиции.

2. Создание математической модели интегрированной системы планирования ресурсов предприятия на основе теоретико-множественного подхода с использованием алгоритма преобразования из объектно-ориентированной модели, обеспечивающей разработку экспертной системы оценивания решения по объективному выбору программного обеспечения.

3. Разработка алгоритма многокритериального выбора автоматизированной системы планирования ресурсов предприятия агропромышленного комплекса в соответствии с системой выработанных критериев.

4. Разработка методики тестирования специализированного программного обеспечения, учитывающей особенности агропромышленной отрасли и предусматривающей возможность адаптации данной методики к потребностям конкретного предприятия АПК с учетом требований к его программно-техническим средствам.

**Научная новизна работы** заключается в следующем.

1. На основе объектно-ориентированного подхода создана информационная модель и разработана базирующаяся на теоретико-множественном представлении математическая модель системы планирования ресурсов агропромышленного предприятия, отличающаяся алгоритмом преобразования из объектно-ориентированной модели, что обеспечивает программную реализацию информационной модели.

2. Разработан алгоритм многокритериального выбора интегрированной системы планирования ресурсов предприятия, отличающийся использованием экспертной оценки каждого параметра и обеспечивающий построение области

Парето с учетом балльной оценки значимости каждого параметра для конкретного предприятия АПК.

3. Разработана методика тестирования интегрированной системы планирования ресурсов предприятия, учитывающая специфику сельскохозяйственного производства и позволяющая количественно оценить степень соответствия тестируемого программного продукта потребностям предприятия агропромышленного комплекса.

4. Разработан метод оперативной модификации методики тестирования и системы критериев, позволяющий адаптировать процесс тестирования интегрированной системы планирования ресурсов предприятия к потребностям конкретного предприятия АПК.

**Теоретическая значимость** работы заключается в разработке на основе методов объектно-ориентированного моделирования и теоретико-множественного представления моделей интегрированных информационных систем, что позволяет поставить и решить многокритериальную задачу выбора подходящей интегрированной системы планирования ресурсов предприятия с учетом потребностей предприятий агропромышленного комплекса.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что применение ее результатов обеспечивает принятие обоснованных решений при выборе ИС ПРП с учетом потребностей конкретного предприятия, что улучшает организацию информационной службы предприятия. Правильный выбор ИС ПРП, с одной стороны, позволяет приобрести ИС ПРП, наиболее полно удовлетворяющую потребностям предприятия в части автоматизации бизнес-процессов. С другой стороны, обоснованность выбора предполагает сокращение затрат на приобретение ИС ПРП, исключает необходимость доработки ИС ПРП под потребности компании и обеспечивает сокращение сроков освоения нового программного продукта и эксплуатационных расходов.

**Методология и методы исследования.** При решении поставленных задач использовались методы системного анализа, теории множеств, математической логики, теории оптимизации и принятия решений.

**На защиту выносятся.**

1. Объектно-ориентированная информационная модель системы планирования ресурсов предприятия.

2. Базирующаяся на теоретико-множественном представлении математическая модель системы планирования ресурсов предприятия и алгоритм ее получения путем преобразования из объектно-ориентированной модели.

3. Алгоритм многокритериального выбора интегрированной системы планирования ресурсов предприятия АПК с использованием экспертной оценки каждого параметра для построения области Парето.

4. Методика тестирования интегрированной системы планирования ресурсов агропромышленного предприятия с возможностью ее оперативной адаптации к системе устанавливаемых путем экспертной оценки критериев.

**Достоверность и обоснованность результатов работы** обеспечивается аргументацией выдвигаемых положений, обоснованным и корректным применением математического аппарата, сопоставлением теоретических результатов с данными, полученными в результате эксплуатации созданной автоматизированной системы выбора оптимальной ИС ПРП.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации и отдельные результаты исследований докладывались на: научно-практической конференции студентов и аспирантов «Инновационные технологии в экономике, информатике и медицине» (Пенза, 2010), научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы науки и образования» (Пенза, 2011, 2012), всероссийской научно-технической конференции «Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии» (Пенза, 2012, 2013), всероссийской научно-технической конференции «Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов» (Пенза, 2014), международной научно-прикладной конференции «Современные информационные технологии в управлении качеством» (Пенза, 2014), международной конференции «Innovative information technologies in industry and social-economic sphere» (Prague, 2014).

**Внедрение результатов работы.** Результаты проведенных исследований внедрены в ООО «Аграрная группа» (г. Пенза), а также использованы в образовательном процессе кафедры «Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах» Пензенского государственного технологического университета.

**Публикации и личный вклад автора.** По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, из которых 5 – в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК. В работах, опубликованных в соавторстве, лично автором получены все результаты, составляющие содержание диссертации, в том числе теоретические и математические обоснования найденных решений, математические и информационные модели процессов.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, выводов по разделам, заключения, библиографического списка из 110 наименований, двух приложений. Работа изложена на 160 страницах текста, содержит 29 рисунков и 2 таблицы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна и практическая ценность диссертационной работы.

В **первом разделе** проанализированы особенности агропромышленной отрасли, которые оказывают влияние на организацию информационных служб и выбор подходящего программного обеспечения, в частности, интегрированных систем планирования ресурсов предприятия. Проведен анализ проблем выбора ИС ПРП предприятиями АПК, основными среди которых являются: отсутствие методики объективной оценки функциональных возможностей приобретаемого ПО; решение локальных задач без взгляда в будущее; необоснованное усложнение программных средств включением в них инновационных элементов; субъективизм выбора программного обеспечения на основе опыта и личных предпочтений; очевидная и скрытая стоимость программного обеспечения; бессистемность в приобретении программного обеспечения на предприятии; несостоятельность системы послепродажной оценки и сопровождения программного продукта.

Анализ путей разрешения названных проблем позволяет обосновать необходимость создания экспертной системы по выбору оптимальной ИС ПРП для предприятий АПК, предусматривающей: накопление и обработку информации по ИС ПРП; включение в себя информации по существующим ИС ПРП данного назначения; возможность сравнения ИС ПРП по заданным критериям; обеспечение выбора ИС ПРП под потребности конкретного предприятия АПК; возможность сравнения ИС ПРП одного вида и выявления различий между ними по заданным критериям; обеспечение выбора ИС ПРП по критериям стоимости и полноты набора необходимых опций; обеспечение совместной работы всех участников процесса при выборе ИС ПРП.

Проведен анализ имеющихся средств для решения многокритериальной задачи выбора. Среди них можно выделить интернет сервисы по выбору программного продукта и экспертную систему по выбору программного продукта на платформе 1С:Предприятие. Отмечено, что выбор в данных средствах проводится преимущественно между продуктами одного производителя, а набор анализируемых параметров недостаточен для выбора подходящего программного продукта, так как не учитывает параметры, отображающие специфичные особенности деятельности сельскохозяйственного предприятия.

На основании проведенного в главе анализа уточнена цель исследования, состоящая в обеспечении обоснованного выбора интегрированной системы планирования ресурсов агропромышленного предприятия на основе создания и исследования информационной модели системы.

Во **втором разделе** основное внимание уделено разработке на основе метода объектно-ориентированной декомпозиции информационной модели ИС ПРП, которая представляется в виде диаграммы классов на языке UML. В разработанной информационной модели учтены параметры, характеризующие специфичные операции агропромышленного предприятия.

Объектно-ориентированная модель включает три уровня, которые содержат характеризующие систему параметры. Первый уровень включает основные характеристики системы. На втором уровне представлены параметры ключевых информационных подсистем, на третьем – параметры бизнес-процессов.

На основании проведенного анализа различных систем планирования ресурсов предприятия выявлены основные группы параметров ИС ПРП, которые объединены в классы и являются общими для большинства ИС ПРП (рисунок 1). На каждом уровне параметры были сгруппированы согласно их функциональному назначению, полученные группы являются классами.

На верхнем уровне иерархии информационной модели ИС ПРП находится класс «ИС ПРП». В отношении композиции с классом «ИС ПРП» состоят классы: «Отраслевой учет», «Расчет заработной платы», «Производство», «Поставки и запасы», «МСФО», «Бухгалтерский и налоговый учет», «Финансы», «Бюджетирование», «Планирование», «Отношения с другими компаниями», «Управление персоналом», «Регламентированная отчетность», «Торговля», «Управленческая отчетность», «Дополнительные характеристики».

Нижние уровни показаны на диаграмме ИС ПРП как пакеты классов: ИС ПРП 1, ИС ПРП 2, ИС ПРП 3, ..., ИС ПРП N, состоящие с классом «ИС ПРП» в отношении обобщения. Пакеты классов ИС ПРП 1, ИС ПРП 2, ИС ПРП 3, ...,



ИС ПРП N наследуют свойства класса «Интегрированная система планирования ресурсов предприятия».

На втором уровне объектно-ориентированной информационной модели отражены основные подсистемы, ориентированные на решение более специфических функциональных задач.

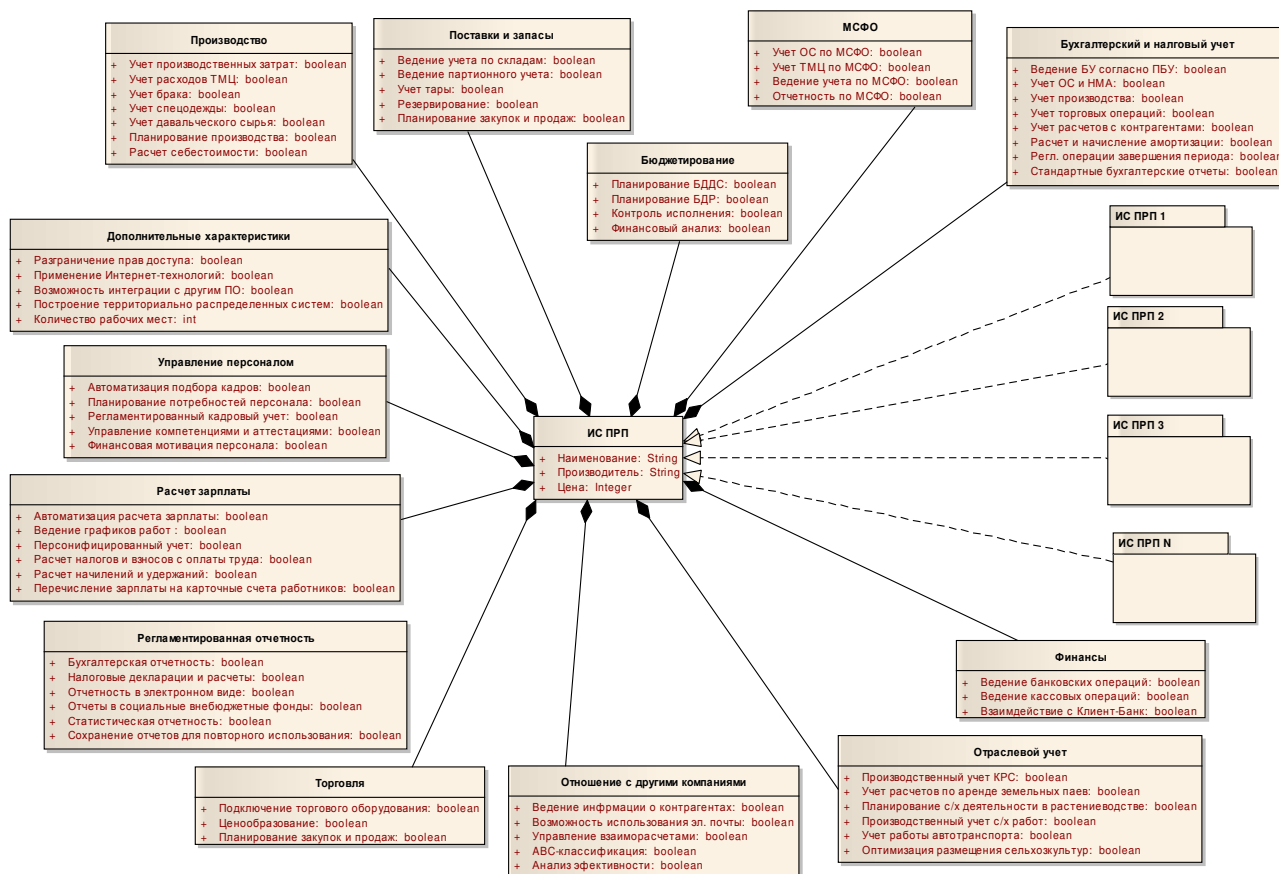


Рисунок 1 – Информационная модель ИС ПРП

Для предприятий АПК особое значение имеет наличие в ИС ПРП возможности автоматизации процессов, специфичных для данной отрасли. К подобным бизнес-процессам можно отнести отраслевой сельскохозяйственный учет, планирование и бюджетирование в сельском хозяйстве. В работе рассмотрены модели в виде диаграмм классов вида ИС ПРП, входящих в объектно-ориентированную информационную модель ИС ПРП как пакеты классов. Это модели «Отраслевой сельскохозяйственный учет», «Зарплата, управление персоналом и кадровый учет», «Бухгалтерский и налоговый учет». На третьем уровне объектно-ориентированной модели ИС ПРП отражены параметры бизнес-процессов, представлена модель «Расчет зарплаты», содержащая параметры, определяющие возможности ИС ПРП при расчете заработной платы организации.

Кроме того показано, что для формулирования и решения многокритериальной задачи выбора подходящей модели ИС ПРП целесообразно создать математическую модель ИС ПРП на основе теоретико-множественного представления. Для этого разработан алгоритм преобразования информационной модели ИС ПРП на основе объектно-ориентированной декомпозиции в математическую модель ИС ПРП.

Информационная модель ИС ПРП на основе теоретико-множественного представления записывается в виде множества:

$$MD_k = \{b_k, L_k, N_k, d_k\}, k = \overline{1, K}, \quad (1)$$

где  $b_k$  – параметр, определяющий название  $k$ -ой программы вида ИС ПРП;  $L_k$  – множество параметров  $k$ -ой модели ИС ПРП, принимающих логические значения;  $N_k$  – множество параметров  $k$ -ой модели ИС ПРП, принимающих целочисленные значения;  $d_k$  – параметр, определяющий производителя  $k$ -ой программы вида ИС ПРП. Здесь  $k = \overline{1, K}$ , где  $k$  – номер программы вида ИС ПРП,  $K$  – количество программ вида ИС ПРП. Алгоритм преобразования информационной модели в математическую представлен на рисунке 2.

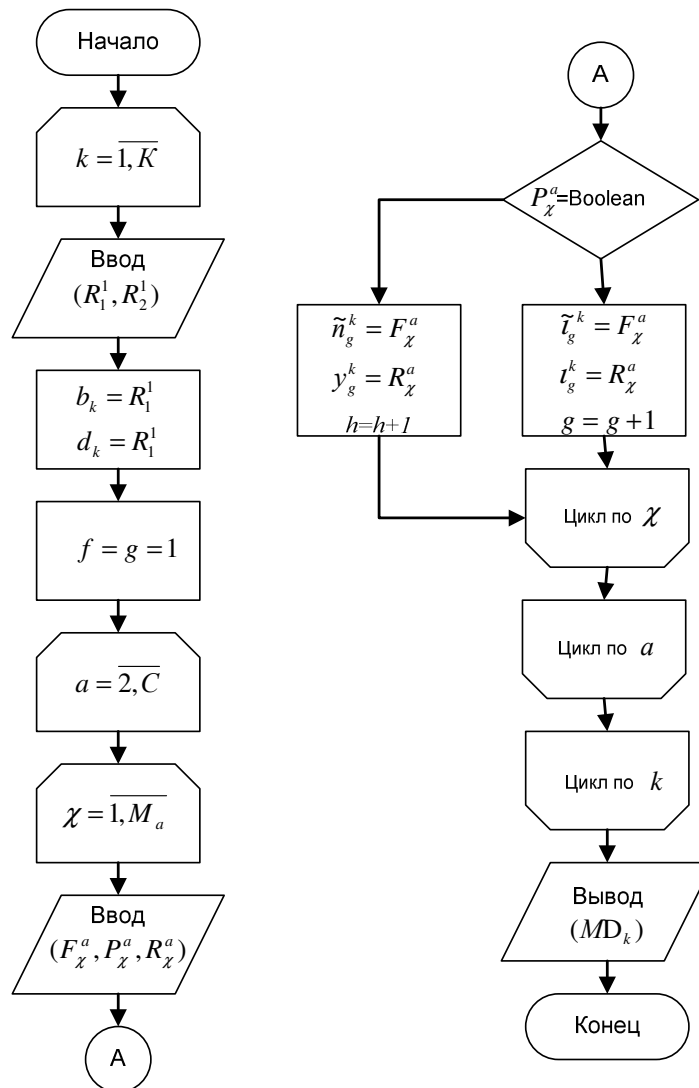


Рисунок 2 – Алгоритм преобразования объектно-ориентированной информационной модели ИС ПРП в математическую модель

Множество  $L_k$  может быть представлено в виде последовательности кортежей:

$$L_k = \{ \langle \tilde{l}_1^k, l_1^k \rangle, \dots, \langle \tilde{l}_g^k, l_g^k \rangle, \dots, \langle \tilde{l}_G^k, l_G^k \rangle \}, \quad (2)$$

где  $\langle \tilde{l}_g^k, l_g^k \rangle$  – кортеж, в котором для  $k$ -ой модели ИС ПРП переменная  $\tilde{l}_g^k$  является именем  $g$ -го параметра и имеет тип String; переменная  $l_g^k$  определяет значение  $g$ -го параметра и принимает логическое значение «true», если параметр  $l_g^k$  присутствует в программе вида ИС ПРП, «false» – если параметр отсутствует.

Множество  $N_k$  может быть представлено в виде последовательности кортежей:

$$N_k = \{ \langle \widetilde{n}_1^k, y_1^k \rangle, \dots, \langle \widetilde{n}_g^k, y_g^k \rangle, \dots, \langle \widetilde{n}_G^k, y_G^k \rangle \}, \quad (3)$$

где  $\langle \widetilde{n}_g^k, y_g^k \rangle$  – кортеж, в котором для  $k$ -ой модели ИС ПРП переменная  $\widetilde{n}_g^k$  является именем  $g$ -го параметра и имеет тип String; переменная  $y_g^k$  принимает целочисленное значение, соответствующие  $g$ -му параметру  $k$ -ой модели вида ИС ПРП.

Таким образом, сформировав множество  $MD_k$  путем присвоения переменным модели конкретных значений, получим информационную модель вида ИС ПРП на основании теоретико-множественного представления.

В **третьем разделе** показано, что для выбора конкретной ИС ПРП из множества возможных моделей, число которых равно  $K$ , нужно определиться с необходимыми характеристиками ИС ПРП. Для этого представим информационную модель желаемого вида ИС ПРП в виде множества:

$$V = \{ L^V, N^V \}, \quad (4)$$

где  $L^V$  – множество параметров, принимающих логические значения;  $N^V$  – множество параметров, принимающих целочисленные значения.

Данное множество соответствует множествам  $k$ -ой модели вида ИС ПРП: множество  $L_k$  соответствует  $L^V$ ,  $N_k$  соответствует  $N^V$ , для всех  $k = \overline{1, K}$ , т.е. параметры  $k$ -ой модели вида ИС ПРП соответствуют параметрам данного множества.

Множество  $L^V$  представляется в виде последовательности кортежей:

$$L^V = \{ \langle l_1^V, \mu_1^L \rangle, \dots, \langle l_g^V, \mu_g^L \rangle, \dots, \langle l_G^V, \mu_G^L \rangle \}, \quad (5)$$

где логическая переменная  $l_g^V$  определяет наличие  $g$ -го параметра. Выполнение равенства  $l_g^V = \langle \text{true} \rangle$  означает, что  $g$ -ый параметр присутствует в желаемой модели ИС ПРП. Коэффициент  $\mu_g^L$  характеризует степень необходимости наличия  $g$ -го параметра в выбираемой модели рассматриваемого вида ИС ПРП,  $g = \overline{1, G}$ .

Условимся степень необходимости наличия  $g$ -го параметра определять по следующей шкале – коэффициент  $\mu_g^L$  может принимать значения от 0 до 5.

Множество  $N^V$  представляется в виде последовательности кортежей:

$$N^V = \{ \langle y_1^V, \lambda_1, \mu_1^N \rangle, \dots, \langle y_h^V, \lambda_h, \mu_h^N \rangle, \dots, \langle y_H^V, \lambda_H, \mu_H^N \rangle \}, \quad (6)$$

где переменная  $y_h^V$  – это численная характеристика  $g$ -го параметра, больше, равно, или меньше которого не должен быть параметр выбираемой ИС ПРП,  $h = \overline{1, H}$ . Параметр  $\lambda_h$  – параметр, конкретизирующий понятия «не больше», «равно», «не меньше». Параметр  $\lambda_h$  можно представить в следующем виде:

$$\lambda_h = \begin{cases} -1, & y_h^k \leq y_h^V \\ 0, & y_h^k = y_h^V, k = \overline{1, K}. \\ 1, & y_h^k \geq y_h^V \end{cases} \quad (7)$$

Критерий выбора оптимальной модели вида ИС ПРП имеет векторную форму и состоит из двух критериев  $J_1(k)$  и  $J_2(k)$ . Критерий  $J_1(k)$  характеризует функциональность  $k$ -ой модели вида ИС ПРП, критерий  $J_2(k)$  определяет цену  $k$ -ой модели вида ИС ПРП,  $k = \overline{1, K}$ .

Критерий  $J_1(k)$  определяется как сумма, каждое слагаемое которой характеризует одну из групп параметров выбираемой модели и технического задания ИС ПРП: логические, целочисленные.

$$J_1(k)=J^L(k)+J^N(k), k=\overline{1, K}. \quad (8)$$

Для определения составляющих критерия  $J_1(k)$  введем логическую переменную  $S_j^i(k)$ . Переменная  $S_j^i(k)$  принимает значение «true», если для  $k$ -ой модели вида ИС ПРП для  $j$ -го параметра вида  $i$  выполняются условия технического задания,  $(j,i) \in \{(g,L), (h,N)\}$ ,  $g=\overline{1, G}$ ,  $h=\overline{1, H}$ , иначе  $S_j^i(k)=\text{«false»}$ .

Составляющая критерия  $J^L(k)$ , которая соответствует параметрам ИС ПРП логического типа, имеет вид:

$$J^L(k)=\sum_{g=1}^G \mu_g^L \lambda_g^L(k), g=\overline{1, G}, k=\overline{1, K}, \quad (9)$$

где переменная  $\lambda_g^L(k)$  принимает одно из значений: 1, Z, 0. Равенство  $\lambda_g^L(k)=1$  означает, что при необязательном наличии  $g$ -го параметра в  $k$ -ой модели вида ИС ПРП для этого параметра должны выполняться условия технического задания. Равенство  $\lambda_g^L(k)=Z$  определяет невыполнение условий технического задания для  $g$ -го параметра в  $k$ -ой модели вида ИС ПРП при требовании обязательного наличия  $g$ -го параметра в  $k$ -ой модели. Здесь Z – численное значение штрафа, равное большому отрицательному числу  $Z=-10^3$ . Во всех остальных случаях значение критерия не должно влиять на поиск оптимального решения, то есть, если при наличии  $g$ -го параметра в  $k$ -ой модели для этого вида параметра не выполняются условия технического задания, то равенство  $\lambda_g^L(k)=0$  определяет нулевое значение критерия  $J^L(k)$  для этих условий.

Таким образом, для переменной  $\lambda_g^L(k)$ :

$$\lambda_g^L(k) = \begin{cases} 1, \text{ если } (\mu_g^L \neq 6) \wedge (S_j^L(k) = \text{«true»}) \\ Z, (\mu_g^L = 6) \wedge (S_j^L(k) = \text{«false»}) \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}, g=\overline{1, G}, k=\overline{1, K}. \quad (10)$$

Здесь выполнение функциональных условий определяется следующим образом:

$$S_j^L(k) = \begin{cases} \text{«true»}, \text{ если } l_g^L = \text{«true»} \\ \text{«false»}, \text{ иначе} \end{cases}, g=\overline{1, G}, k=\overline{1, K}. \quad (11)$$

Составляющая критерия  $J^N(k)$ , которая соответствует параметрам ИС ПРП целочисленного типа, имеет вид:

$$J^N(k)=\sum_{g=1}^G \mu_g^N \lambda_g^N(k), \quad (12)$$

$$\text{где } \lambda_g^N(k) = \begin{cases} 1, \text{ если } (\mu_g^N \neq 5) \wedge (S_h^N(k) = \text{«true»}) \\ Z, (\mu_g^N = 5) \wedge (S_h^N(k) = \text{«false»}) \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}, g=\overline{1, G}, k=\overline{1, K}.$$

Задача выбора оптимальной модели вида ИС ПРП формулируется следующим образом.

Для принятого к рассмотрению технического задания, определяемого множеством  $S=\{L^T, N^T\}$ , необходимо найти такую модель  $MD_k^*$  вида ИС ПРП из всего множества моделей  $\{MD_1, MD_2, \dots, MD_k, \dots, MD_K\}$ , для которой достигается оптимальное значение критерия  $\bar{J}(k)$ , т.е.

$$\bar{J}^*(k^*)=\text{opt}(J_1(k), J_2(k)), \quad (13)$$

для всех  $MD_k=\{b_k, L_k, N_k, d_k\}$ ,  $k=\overline{1, K}$ .

Для решения многокритериальной задачи используется принцип Парето, в соответствии с которым эффективность решения не может быть улучшена по какому-либо критерию без ухудшения эффективности по другому критерию. Для нашего случая: если  $k^*$ -ое решение Парето оптимально, то не существует других решений  $k^*$ , для которых

$$J_1(k^*) \geq J_1(k^*), J_2(k^*) < J_2(k^*) \quad (14)$$

или

$$J_1(k^*) > J_1(k^*), J_2(k^*) \leq J_2(k^*). \quad (15)$$

Данные неравенства формализуют принцип Парето, т.е. для оптимального решения – оптимальной  $k^*$ -ой модели вида ИС ПРП не существует другой  $k^*$ -ой модели вида ИС ПРП, в которой при таких же функциональных возможностях  $J_1(k^*) = J_1(k^*)$  или лучших функциональных возможностях  $J_1(k^*) \geq J_1(k^*)$  была бы меньше цена  $J_2(k^*) < J_2(k^*)$ .

Принцип Парето можно сформулировать и иначе: для оптимальной  $k^*$ -ой модели вида ИС ПРП не существует другой  $k^*$ -ой модели вида ИС ПРП, которая при такой же цене  $J_2(k^*) = J_2(k^*)$  или меньшей цене  $J_2(k^*) \leq J_2(k^*)$  обладала бы лучшими функциональными возможностями  $J_1(k^*) > J_1(k^*)$ .

Результатом решения многокритериальной задачи оптимизации является не одно значение, а множество значений, составляющее область Парето. Все оптимальные решения, образующие область Парето, подчиняются принципу оптимальности по Парето: при переходе от одной точки к другой точке области Парето происходит улучшение одного критерия и ухудшение другого.

На рисунке 3 представлен алгоритм решения многокритериальной задачи выбора оптимальной модели вида ИС ПРП.

Область Парето  $\{MD_1^*, MD_2^*, \dots, MD_k^*, \dots, MD_K^*\}$  моделей вида ИС ПРП является основой для выбора ПО. Для принятия окончательного решения по выбору ИС ПРП необходимо определить, какое ПО из области Парето является наиболее подходящим для данной компании. Это предполагает проведение тестирования программного обеспечения по соответствующей методике. Разработанная методика тестирования ИС ПРП для предприятия АПК учитывает специфику предприятий агропромышленного комплекса.

Обобщенная методика тестирования, представленная схематично на рисунке 4, включает три этапа: функциональное тестирование, тестирование производительности и тестирование пользовательского интерфейса. При принятии решения должны учитываться результаты тестирования на всех этапах. Наиболее продолжительным и объемлющим является функциональное тестирование, результаты которого имеют определяющее значение, так как отсутствие необходимых функций делает невозможным использование приобретаемой ИС ПРП для решения всех планируемых задач.

Рейтинг тестируемых ИС ПРП признано целесообразным определять по совокупности показателей функциональности тестируемой программы ( $F$ ), производительности ( $P$ ) и удобства пользовательского интерфейса ( $I$ ) по формуле

$$R = \frac{6F + 3P + I}{50}, \quad (16)$$

позволяющей нормировать значение  $R$ , располагающееся в пределах  $0 \dots 1$ .

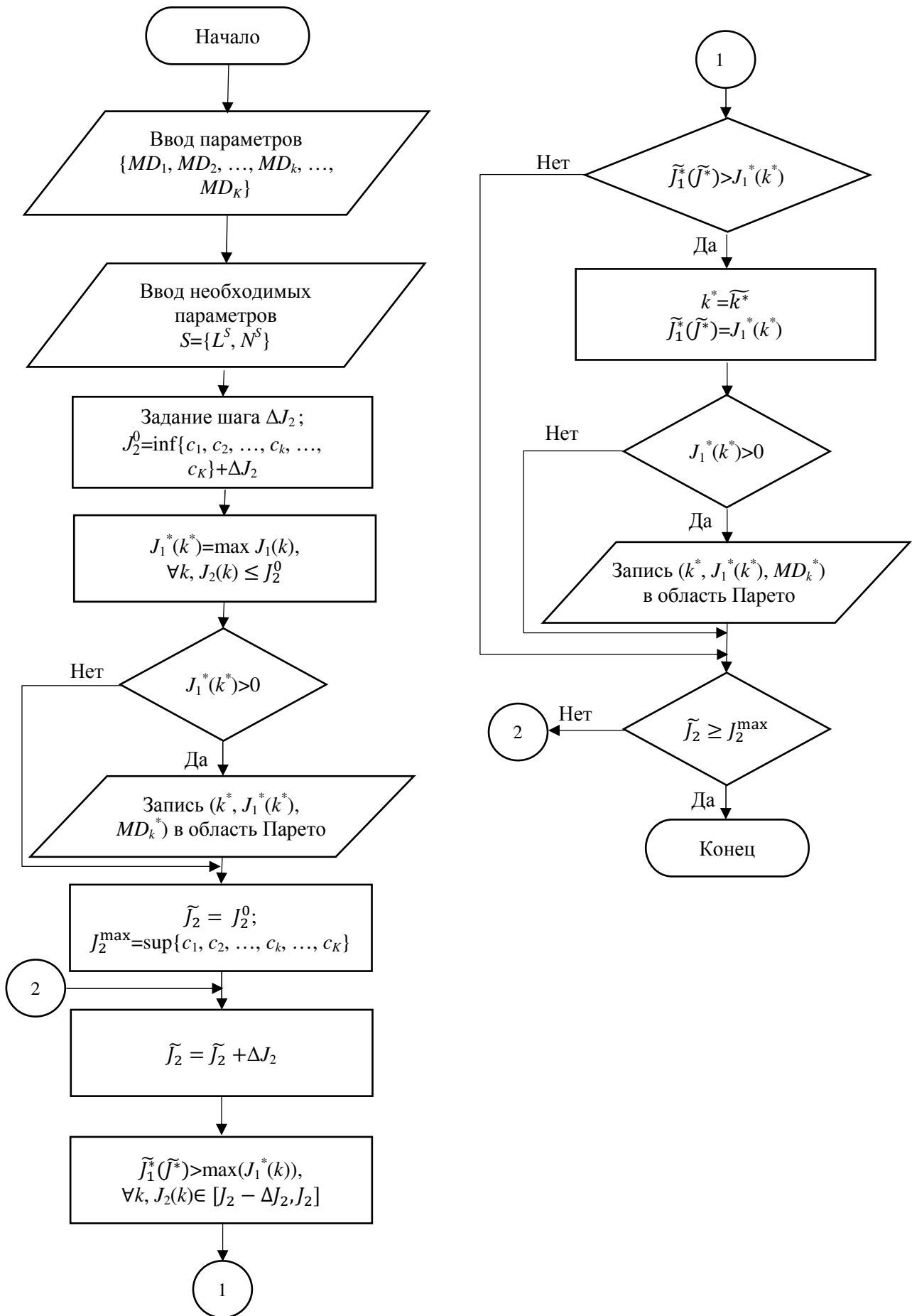


Рисунок 3 – Алгоритм решения задачи многокритериального выбора ИС ПРП

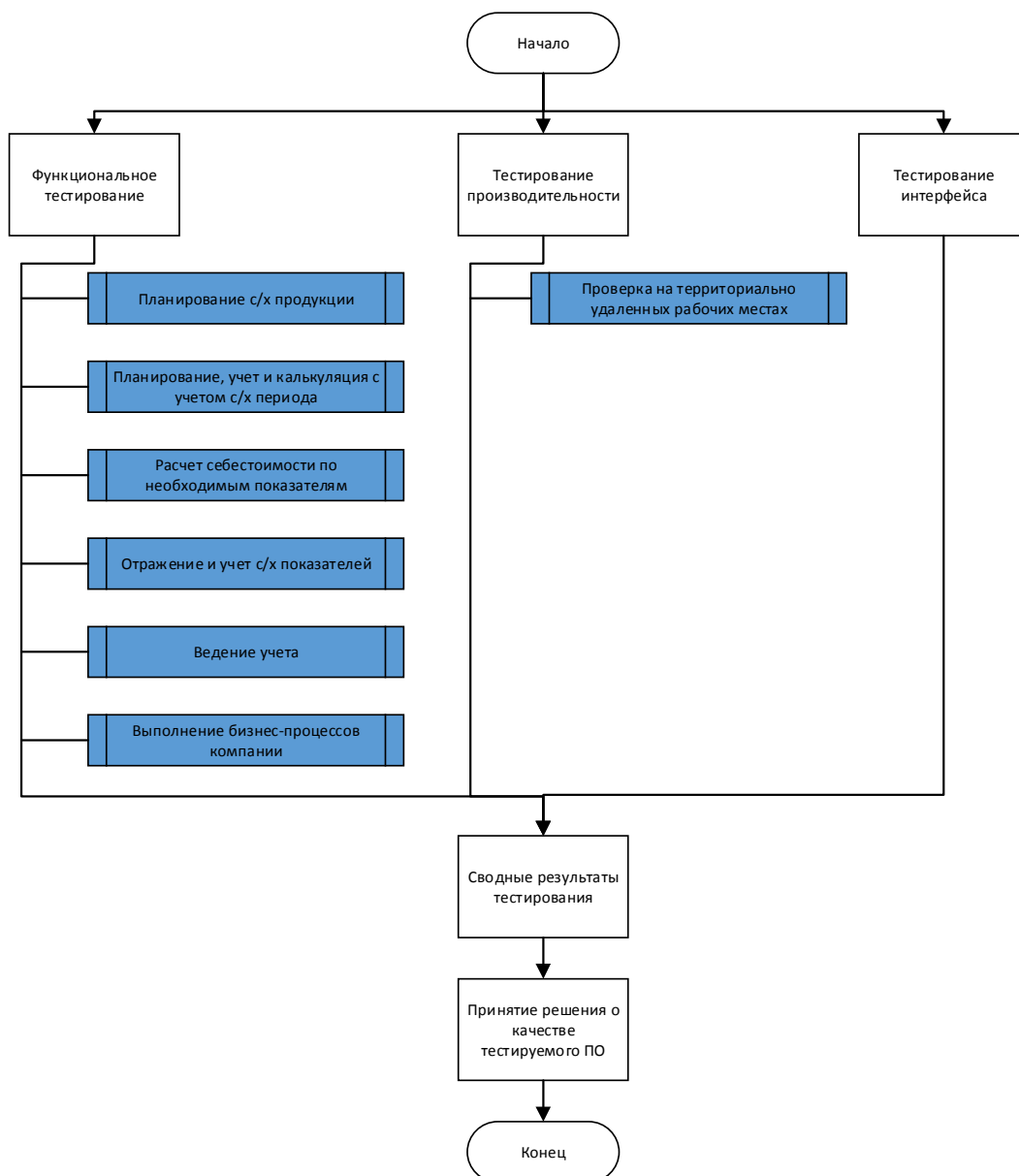


Рисунок 4 – Алгоритмическое представление обобщенной методики тестирования ИС ПРП

Показатель функциональности тестируемой ИС ПРП будет складываться из значений отдельных показателей с учетом их значимости, для этого используется формула

$$F = \sum_{i=1}^n K_i P_i, \quad (17)$$

где  $P_i$  – балльная оценка каждого параметра,  $K_i$  – коэффициент значимости показателя. Значение  $P_i$  устанавливается тестирующим при проверке ИС ПРП. В данной работе используется шкала оценок, включающая минимальное число значений для оценки параметров ИС ПРП.  $P_i$  может принимать значения от 1 до 5 ( $P_i = 1, 2, 3, 4, 5$ ).

Для ранжирования тестируемых программ по рейтингу  $R$  введена следующая шкала:

$R > 0,85$  – высокая степень соответствия тестируемой программы нуждам компании;

$0,7 < R < 0,85$  – средняя степень соответствия нуждам компании, при которой программные продукты могут рассматриваться как в основном соответствующие, но требующие доработки имеющегося функционала;

$0,5 < R < 0,7$  – низкая степень соответствия нуждам компании. Подобные программные продукты могут подходить лишь частично для решения ограниченного круга задач;

$0,5 > R$  – очень низкая степень соответствия, при которой не имеет смысла рассматривать тестируемую ИС ПРП как возможную для приобретения.

На основании изложенного методика тестирования ИС ПРП представим в виде последовательности выполнения следующих процедур (рисунок 5).

1. Проведение функционального тестирования.

1.1. Определение задач функционального тестирования на основании отмеченных параметров ИС ПРП.

1.2. Фиксация задач функционального тестирования.

1.3. Определение круга специалистов компании для привлечения к тестированию ИС ПРП в качестве экспертов.

1.4. Проверка тестируемой системы в соответствии с зафиксированными задачами.

1.5. Оценка эффективности работы тестируемой системы при решении каждой задачи.

1.6. Предварительная оценка рейтинга тестируемой программы. Если по итогам функционального тестирования рейтинг программы не превышает значения 0,5, то целесообразно прекратить тестирование.

2. Оценка быстродействия системы.

2.1. Проверка производительности ИС ПРП.

2.2. Проверка работы системы на территориально удаленных рабочих местах.

2.3. Составление итоговой оценки тестируемой системы по данному этапу.

3. Проведение тестирования пользовательского интерфейса.

3.1. Определение круга специалистов для привлечения к тестированию.

3.2. Оценка пользовательского интерфейса.

4. Получение итогового рейтинга тестируемой ИС ПРП.

5. Анализ результатов тестирования.

6. Принятие решения о тестируемой системе.

Кроме этого в третьей главе предложена последовательность оперативной адаптации методики тестирования к системе устанавливаемых путем экспертной оценки критериев, учитывающих специфику работы конкретного предприятия агропромышленной отрасли (рисунок 6).

На основании указанных характеристик в экспертной системе не только строится область Парето, но и формируются задачи тестирования по схеме соответствия классов объектно-ориентированной модели ИС ПРП задачам тестирования. Кроме того проверку некоторых основных бизнес-процессов компании, выполнение которых не должно измениться после автоматизации, необходимо произвести дополнительно.



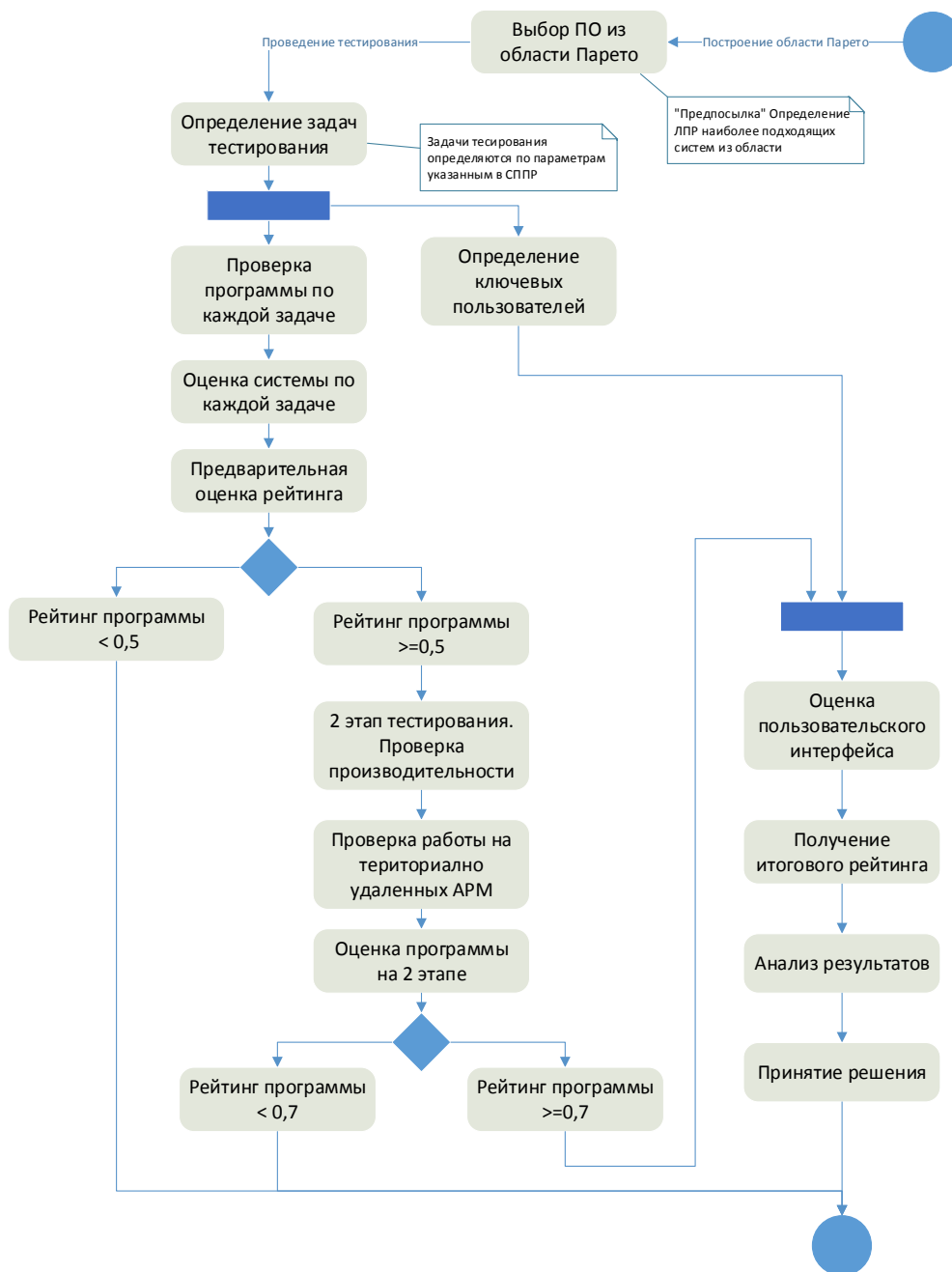


Рисунок 5 – Алгоритмическое представление методики тестирования ИС ПРП

При исследовании бизнес-процессов компании для проведения функционального тестирования рекомендуется использовать информационные модели, полученные в результате анализа информационных процессов конкретной компании, что позволяет определить, насколько исследуемый программный продукт соответствует модели, эффективно описывающей работу предприятия АПК.

Модели информационных процессов выступают в данном случае как документируемая связь тестирующего субъекта с характеристиками объекта автоматизации.

Дополнительными критериями тестирования, дающими возможность судить о положительном или отрицательном результате тестирования на выполнение бизнес-процессов, будут обозначенные функции ИС ПРП.



Рисунок 6 – Алгоритмическое представление процесса коррекции методики тестирования

**Четвертый раздел** посвящен построению архитектуры экспертной системы выбора оптимальной ИС ПРП в виде диалоговой информационной системы.

В экспертной системе, разработанной на основании информационной модели интегрированной системы, совместно с базами данных используется интерактивное компьютерное моделирование, направленное на поддержку решений при приобретении ИС ПРП, архитектура экспертной системы представлена на рисунке 7. Важной составляющей предложенной экспертной системы является интерфейс пользователя. Форма документа для наполнения баз данных ИС ПРП и форма для обозначения желаемых характеристик в экспертной системе организованы в соответствии с разработанной объектно-ориентированной моделью «Информационная модель ИС ПРП».

Предлагается для большей объективности выбора ИС ПРП провести тестирование ИС ПРП, отобранных по принципу Парето. Решение задачи выбора оптимальной ИС ПРП проиллюстрировано примером выбора ИС ПРП для конкретного предприятия АПК. Для этого в базу данных ИС ПРП были занесены параметры программных продуктов основных производителей ИС ПРП. Выбираемая ИС ПРП должна обеспечивать автоматизацию основных хозяйственных операций. Кроме этого, важно учесть наличие в ИС ПРП возможностей автоматизации оперативного учета и технико-экономического планирования в растениеводстве.

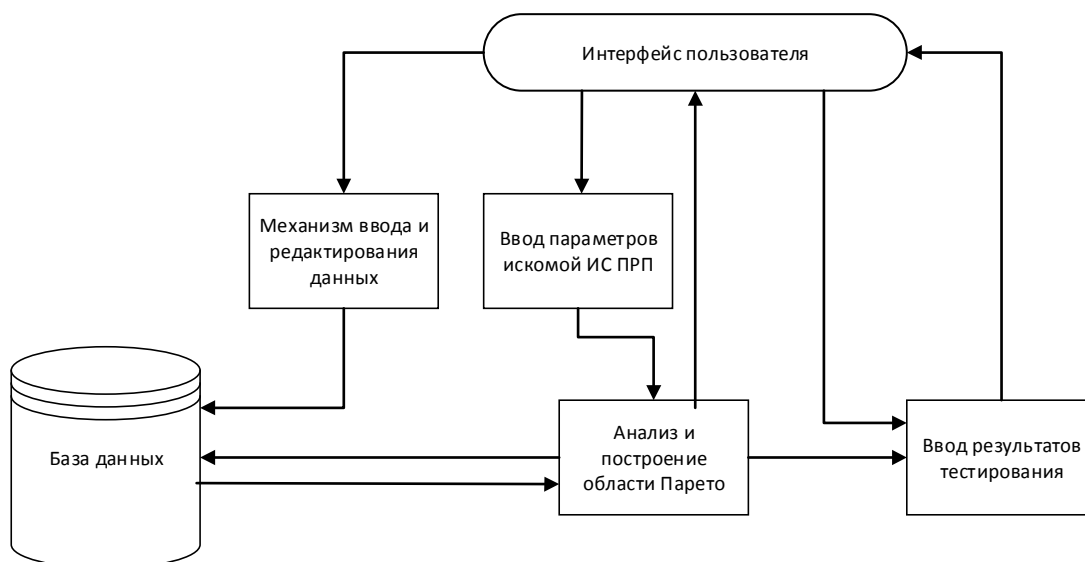


Рисунок 7 – Архитектура экспертной системы принятия решения

Для определения необходимых параметров было сформировано техническое задание на ИС ПРП. Установлены необходимость наличия каждого параметра ИС ПРП и пределы его численных значений. Степень необходимости присутствия параметра в выбираемой модели ИС ПРП определяется баллами, заданными лицами, принимающими решение о приобретении ИС ПРП.

Построенная с помощью экспертной системы область Парето представлена на рисунке 8. В представленном примере работа системы проверялась при 80 параметрах выбора. Задержки при выводе результата не наблюдалось. Проверки работы системы на большем числе вводимых данных не проводилось.

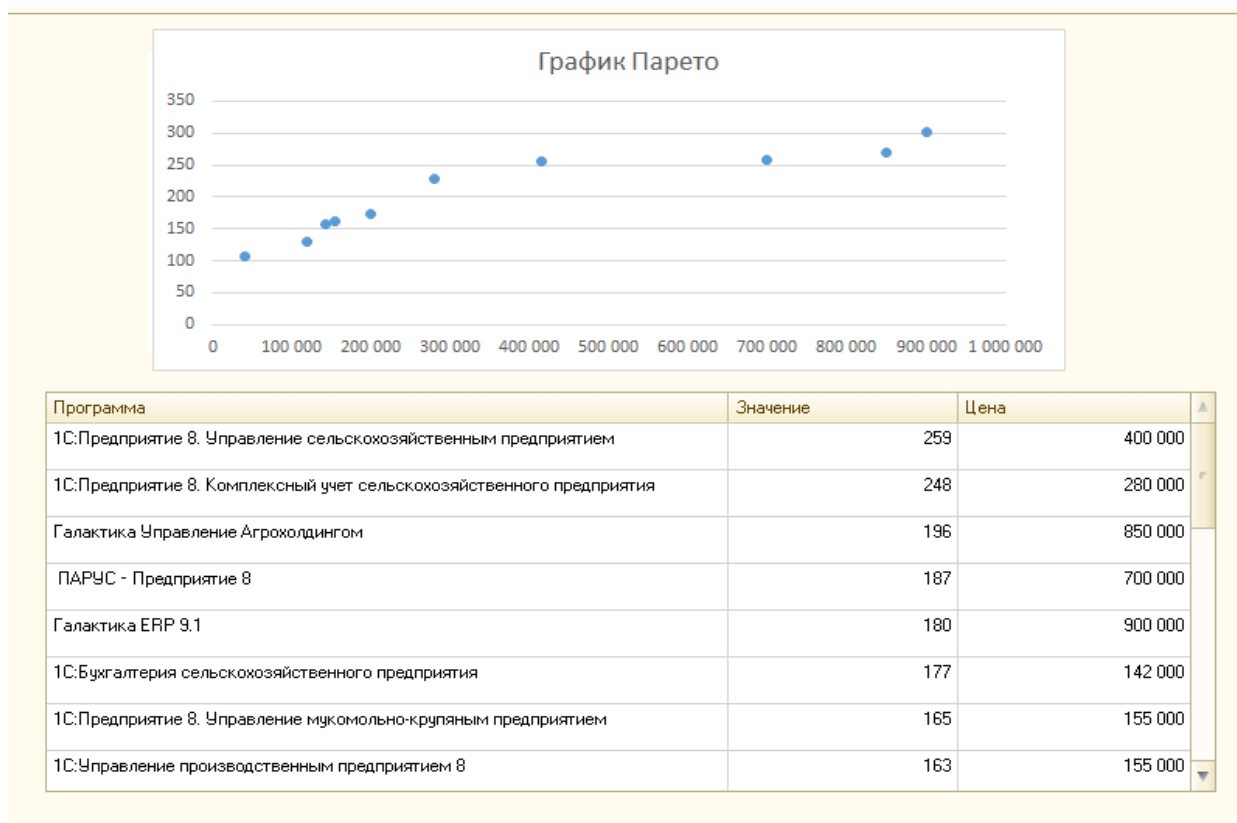


Рисунок 8 – Форма «Выбор ИС ПРП», вкладка «Результат»

После построения графика Парето лицом, принимающим решение, были выбраны программные продукты, имеющие высокий уровень соответствия заданным критериям и приемлемую для заказчика стоимость. Выбранные программные продукты были протестированы по предложенной методике.

Полученные при тестировании результаты были занесены в документ «Тестирование ИС ПРП» экспертной системы. Расчет результатов в экспертной системе проводился по описанному в третьей главе алгоритму расчета результатов тестирования. По итогам проведенного тестирования рейтинг программы 1С:Предприятие 8 «Управление сельскохозяйственным предприятием» составил 0,9, рейтинг 1С:Предприятие 8 «Комплексный учет сельскохозяйственного предприятия» составил 0,81. Согласно принятой (раздел 3) шкале оценки, данный рейтинг означает, что продукт 1С:Предприятие 8 «Управление сельскохозяйственным предприятием» имеет высокое соответствие запросам компании, поэтому итоговый вывод был сделан в пользу данной системы.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**

В результате проведенных в диссертационной работе исследований решена актуальная задача разработки научно-обоснованных подходов к выбору интегрированной системы планирования ресурсов предприятия агропромышленного комплекса, применение которых позволяет сократить затраты на приобретение ПО и снизить риск ошибки при приобретении и последующем внедрении ИС ПРП.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем.

1. На основе проведенного анализа проблем выбора ИС ПРП обоснована необходимость разработки информационных моделей и алгоритма процессов выбора и тестирования, а также реализующей их специализированной экспертной системы.

2. С применением метода объектно-ориентированной декомпозиции разработана информационная модель ИС ПРП, представляющая собой иерархическую связанную систему классов.

3. С помощью разработанного алгоритма преобразования основанной на объектно-ориентированной декомпозиции информационной модели ИС ПРП получена математическая модель ИС ПРП на основе теоретико-множественного представления.

4. Разработан алгоритм решения многокритериальной задачи выбора ИС ПРП, в результате применения которого формируется множество наиболее эффективных ИС ПРП, образующих область Парето.

5. Разработана методика тестирования ИС ПРП, учитывающая специфику предприятий АПК и позволяющая количественно оценить степень соответствия ИС ПРП потребностям предприятий агропромышленной отрасли.

6. Разработан метод коррекции методики тестирования ИС ПРП, позволяющий адаптировать ее к особенностям конкретного предприятия.

7. Разработано программное обеспечение экспертной системы для выбора оптимальной ИС ПРП, эффективность которого подтверждена апробацией на примере выбора ИС ПРП для конкретного предприятия АПК.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Мещеряков, О.А. Объектно-ориентированная модель процесса выбора программного обеспечения для агропромышленного предприятия [Текст] / О.А. Мещеряков, В.А. Чулков, Т.В. Истомина // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12/4. – С. 740–743.

2. Мещеряков, О.А. Информационное обеспечение бизнес-процессов предприятий АПК [Текст] / Т.В. Истомина, О.А. Мещеряков, Д.А. Фильченков, С.Г. Ларина // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2014. – № 1/17. – С. 171–174.

3. Мещеряков, О.А. Алгоритм трансформации информационных моделей при разработке системы поддержки принятия решения по выбору программного обеспечения для предприятий агропромышленного комплекса [Текст] / Т.В. Истомина, О.А. Мещеряков // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2014. – № 3/19. – С. 96–101.

4. Мещеряков, О.А. Индивидуализированная методика тестирования программного обеспечения для сельскохозяйственных организаций [Текст] / Т.В. Истомина, О.А. Мещеряков // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2013. – № 9/13. – С. 85–90.

5. Мещеряков, О.А. Методика тестирования программного обеспечения для сельскохозяйственных организаций [Текст] / Т.В. Истомина, О.А. Мещеряков // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2012. – № 2/6. – С. 108–114.

### Публикации в других изданиях

6. Mescheryakov, O.A. Solving of multicriteria problem of optimal software product selection [Текст] / O.A. Mescheryakov // *Innovative information technologies in industry and social-economic sphere: Materials of the International scientific-practical conference*. – Prague, 2014. – P. 99–104.

7. Мещеряков, О.А. Метод оперативной модификации методики тестирования программного обеспечения предприятия АПК [Текст] / О.А. Мещеряков, В.А. Чулков // *Современные информационные технологии в управлении качеством: Сборник статей III Международной научно-прикладной конференции*. – Пенза, 2014. – С. 79–82.

8. Мещеряков, О.А. Разработка системы поддержки принятия решения по выбору программного обеспечения для предприятий агропромышленного комплекса [Текст] / Т.В. Истомина, О.А. Мещеряков // *Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов: Сборник статей XII Всероссийской научно-технической конференции*. – Пенза, 2014. – С. 180–185.

9. Мещеряков, О.А. Средства тестирования программного обеспечения [Текст] / О.А. Мещеряков // *Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии: Сборник статей VII Всероссийской научно-технической конференции*. – Пенза, 2013. – С. 56–58.

10. Мещеряков, О.А. Систематизация видов тестирования программного обеспечения биомедицинского назначения [Текст] / Т.В. Истомина, О.А. Мещеряков // Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии: Сборник статей VI Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза, 2012. – С. 81–84.

11. Мещеряков, О.А. Вопросы тестирования программного обеспечения для сельского хозяйства [Текст] / О.А. Мещеряков // Актуальные проблемы науки и образования: Сборник материалов V научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пенза, 2012. – Ч. II. – С. 95–97.

12. Мещеряков, О.А. Актуальные проблемы автоматизации тестирования биотехнических систем [Текст] / О.А. Мещеряков // Актуальные проблемы науки и образования: Сборник материалов IV научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пенза, 2011 – С. 28–30.

13. Мещеряков О.А. Актуальность применения автоматизированных информационных систем в медицине [Текст] / О.А. Мещеряков, А.И. Макеев // Исследования и инновационные разработки в сфере медицины и фармакологии: Сборник материалов региональной конференции. – Пенза, 2011. – С. 279–282.

14. Мещеряков, О.А. Использование автоматизированных информационных систем для развития биотехнологий в РФ [Текст] / О.А. Мещеряков // Инновационные технологии в экономике, информатике и медицине: Сборник статей VII Межрегиональной научно-практической конференции студентов и аспирантов. – Пенза, 2010. – С. 40–42.

**МЕЩЕРЯКОВ Олег Александрович**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА  
СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Специальность 05.13.17 – теоретические основы информатики**

**А в т о р е ф е р а т**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

Редактор Л.Ю. Горюнова  
Корректор А.Ю. Тощева  
Компьютерная верстка Т.А. Антиповой

Сдано в производство 17.03.15. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага типогр. № 1. Печать трафаретная. Шрифт Times New Roman Cyr.  
Уч.-изд л. 1,35. Усл. печ. л. 1,34. Заказ № 2561. Тираж 100

---

Пензенский государственный технологический университет  
440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1<sup>а</sup>/11

