

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

**Государственное образовательное учреждение дополнительного
профессионального образования
«АКАДЕМИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И
СЕРТИФИКАЦИИ (учебная)»**

На правах рукописи
УДК 004.652:004.05:681.3

МОРИН Евгений Васильевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ И ЛАБОРАТОРИЙ В ХОДЕ
СЕРТИФИКАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ**

Специальность 05.25.05 – «Информационные системы и процессы»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
Бурый Алексей Сергеевич

Москва – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОВЕРОЧНЫХ ЦЕНТРОВ.....	12
1.1 Анализ организационно-технических структур поверочных центров..	13
1.2 Организация формирования баз данных в системе испытательной деятельности	27
1.3 Основные понятия качества баз данных испытаний программных продуктов	35
1.4 Принципы разработки и организации функционирования информационного обеспечения метрологических центров для проведения поверочной деятельности. Постановка задачи исследования	51
1.5 Выводы по главе.....	58
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОРГАНИЗАЦИИ И СТРУКТУРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ	60
2.1. Исследование организации функционирования испытательных лабораторий на этапах сертификации программных продуктов	60
2.2. Разработка подхода к структурированию информационных баз данных результатов сертификационной деятельности	70
2.3. Разработка концептуальной модели построения технологических последовательностей управления качеством в ходе сертификации программной продукции	80
2.4. Разработка концептуальной модели контроля качества программных средств на основе статистического подхода к распознаванию образов	92
2.5. Выводы по главе.....	100
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ.....	102
3.1. Разработка методического подхода и схемы обеспечения качества программных средств на основе применения нечетких когнитивных карт	102
3.2. Модель обработки результатов экспертного оценивания в ходе сертификационных испытаний программных средств	114
3.3. Выводы по главе.....	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	125
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	128
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	130

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования. Роль и место информационных технологий расширяется год от года, находя все новые приложения в различных отраслях экономики и научных направлений. В настоящее время на фоне стремительного развития информационных технологий актуальным становится вопрос повышения качества программных продуктов. Темпы разработки, распространения и внедрения в повседневную жизнь компьютерных средств вызвали неизмеримо мощный поток программных средств, обеспечивающих функциональные возможности разрабатываемой компьютерной техники. Современному пользователю еще приходится сталкиваться с несертифицированной продукцией в области качества программных продуктов.

Центральная роль в вопросах сертификации программного обеспечения принадлежит испытательным лабораториям (центрам), призванным обеспечить безопасность как программного комплекса в целом, так и защиту информации для различных уровней ее использования.

Перманентно появляющиеся новые информационные технологии (ИТ), активное использование Интернет-ресурсов в ходе ежедневной деятельности многих специалистов различных организаций объективно требуют постоянного внимания к обеспечению безопасности информационных систем и компьютерной техники. В этой связи в соответствии с действующим законодательством обязательной сертификации подлежит используемое программное обеспечение и базы данных программно-аппаратных комплексов, которые обеспечивают защиту государственных информационных ресурсов и конфиденциальность информации в информационных структурах федеральных органов исполнительной власти.

Для ряда других областей применения программных средств, например, в системах научно-технического моделирования, проектирования,

управления технологическими процессами, передачи, хранения и переработки измерительной информации сертификация программного обеспечения проводится на добровольной основе. Обладание сертификационной продукцией – это не просто дань моде, поддержание престижа организации, но это и уверенность в надежности, защищенности и достоверности получаемой пользователями информации.

Повышение сложности функций, реализуемых программами в информационной среде, приводит к увеличению как их объема, так и трудоемкости разработки и создания. Одновременно возрастают требования к сервисным возможностям программ, совместимости с различными операционными системами и к другим факторам, напрямую не связанным с целевым назначением программного продукта.

Отмеченные особенности приводят к росту дефектов и ошибок программирования, большинство из которых устраняется в ходе тестирования программ производителем. Однако во многих случаях полное выявление и устранение возможных дефектов программного обеспечения удастся провести только в ходе сертификации программных продуктов.

Следует отметить, что проблема выявления абсолютно всех дефектов, существующих в программном обеспечении, трудно разрешима, так как существует ряд дефектов, которые могут проявляться только при одновременном действии многих факторов, что может возникнуть на любом этапе жизненного цикла программного продукта. В этой связи необходим механизм, способный вовремя выявлять существующие дефекты, прогнозировать возможные последствия при их появлении и вырабатывать требования по обеспечению качества программного обеспечения.

Целесообразным является построение информационных систем, обеспечивающих подготовку и анализ результатов испытаний программных средств в ходе проведения их сертификации в испытательных лабораториях и центрах. Подобный информационный ресурс необходимо рассматривать с точки зрения его функциональных задач для организации хранения, форми-

рования, поиска, переработки информационных данных в процессе тестирования программных продуктов.

Исходя из этого, необходима разработка нового подхода к организации процессов управления, поиска данных и организации испытаний по контролю качества программ, обеспечивающего комплексный и взаимосвязанный подход к технологии проведения сертификационных испытаний.

Степень разработанности проблемы. Современные информационные системы имеют сложные структуры, определяемые как классом решаемых задач, так и применяемыми технологическими решениями для организации информационно-коммуникационного взаимодействия в процессе жизненного цикла программных средств и продуктов. В научно-технической литературе вопросам организации информационного взаимодействия в ходе решения разнообразных задач информационной поддержки жизненного цикла программных продуктов посвящено немало работ. Центральную роль в этом процессе играют автоматизированные информационно-аналитические системы мониторинга состояния аппаратно-программных средств. В этой связи следует отметить, что вопросам анализа информационных процессов в контурах управления сложными динамическими объектами, системологии развития информационного обеспечения процессов и технологий, информационных систем посвящены труды Б.И. Глазова [50], Г.В. Дружинина [55], Д.А. Ловцова [83, 84], А.В. Сухова [42] и др. Организационные аспекты, технологии взаимодействия измерительных комплексов при выполнении целевых задач рассматривались в работах Е.П. Балашова [31], В.Н. Волковой [47], Л.Е. Мистрова [99, 100], А.Д. Цвиркуна [136], Р.М. Юсупова [145], Дж. Касти [68], Р. Кини [71] и др. Разработке и совершенствованию модельно-алгоритмического обеспечения автоматизированных информационных систем, методов оценки и оптимизации структур данных посвящены исследования в трудах В.В. Бетанова [30], А.С. Бурого [42, 45], В.Н. Квасницкого [70], В.В. Кульбы [80, 81], Н.А. Северцева [122], Б.В. Соколова [127] и др.

Оценке качества и стандартизации продукции в целом и программного обеспечения в частности посвящено большое количество работ, среди которых можно выделить публикации Т.Н. Ананьевой [28], А.В. Докукина [88], М.В. Ермаковой [58], Г.Н. Исаева [65], В.В. Липаева [82], М.И. Ломакина [85-88], А.С. Маркова [91, 94], Л.Г. Осовецкого [142], А.П. Чиркова [139], А.С. Шаракшанэ [140], Б.У. Бозма [38] и др. Методы и принципы организации баз данных, стандартизации информационного обеспечения рассмотрены в трудах О.И. Бедердиновой [33], В.И. Колчкова [78], А.С. Маркова [91], А.И. Таганова [131], В.В. Цехановского [137], Л.И. Шустова [143], К.Дж. Дейта [53] и др.

Проблемы совершенствования системы сертификации и тестирования программных средств достаточно подробно исследуются в трудах А.В. Барабанова, В.В. Липаева, А.С. Маркова, В.Л. Цирлова и ряда других ученых, однако рассматриваемые в них модели управления, сформулированные требования носят концептуальный характер и, как правило, слабо пригодны для практического использования при анализе показателей качества программных средств, а применяемые оценки дают интегрированную картину, из которой трудно выявить роль частных показателей и отдельных подсистем.

Кроме того, существующие механизмы организации и структуры информационного обеспечения процессов информационного взаимодействия в ходе подготовки и проведения испытательными лабораториями тестирования программных средств не представляют собой единого механизма контроля программной продукции и регистрации результатов испытаний и применяемых методик в единой базе данных.

Объектом исследования являются государственные и корпоративные территориально-распределенные информационные системы метрологической службы и испытательных центров по сертификации программной продукции.

Предмет исследования определен перечнем задач, решаемых в диссертационной работе, а также паспортом специальности 05.25.05 – Информаци-

онные системы и процессы (п. № 1 области исследования: Методы и модели описания, оценки, оптимизации информационных процессов и информационных ресурсов, а также средства анализа и выявления закономерностей в информационных потоках; п. № 5 области исследования: Организационное обеспечение информационных систем и процессов, в том числе новые принципы разработки и организации функционирования информационных систем и процессов, применения информационных технологий и систем в принятии решений на различных уровнях управления).

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют труды отечественных и зарубежных авторов, посвященные вопросам исследования информационных систем в контурах технологического управления процессами испытаний и сертификации, направленных на повышение эффективности функционирования информационных технологий за счет предлагаемых теоретических подходов и разработанных модельно-алгоритмических приложений.

Целью диссертационной работы является разработка научно-методического обеспечения совершенствования организации функционирования информационно-измерительных комплексов в составе испытательных лабораторий в ходе сертификации программных средств и оказания услуг в области подтверждения соответствия на основе разработки механизмов и методов представления информационных признаков и формирования баз данных.

Для достижения поставленной цели поставлены и решены следующие основные задачи диссертационного исследования:

- анализ основных факторов организационно-технического взаимодействия при переработке информации в ходе сертификационных испытаний программных средств;
- анализ методов формирования и поддержания реляционных баз данных средств оценки информационных рисков;

- разработка методов и алгоритмов структурирования сертификационных баз данных в ходе выполнения технологических последовательностей по управлению качеством программной продукции;

- разработка модели контроля качества программных средств на основе статистического подхода;

- разработка научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию информационных систем испытаний программных продуктов.

Методы исследования. При решении поставленной задачи были использованы теоретические методы исследований, основанные на научных положениях: системного и синергетического анализа, теории статистических решений, теории множеств и мультимножеств, теории проектирования баз данных.

Основными результатами работы, содержащими элементы научной новизны и выносимыми на защиту, являются:

- 1) концептуальная схема решения задачи информационной поддержки процесса сертификации программных средств на этапах обработки результатов экспертного оценивания показателей качества программных продуктов и регистрации результатов испытаний в виде информационного образа базы данных;

- 2) модель построения информационных технологических последовательностей управления качеством в ходе сертификации продукции с применением аппарата теории мультимножеств;

- 3) модель распознавания признаков на основе статистического подхода на этапе контроля качества программных средств, характеризующихся в виде информационных образов;

- 4) алгоритм оценки внешних и внутренних факторов влияния на процесс организационного обеспечения информационных систем в ходе подготовки и проведения сертификационных испытаний программных продуктов, на основе анализа нечетких когнитивных карт;

5) модель оценивания согласованности мнений экспертов при обработке результатов экспертного оценивания в ходе сертификационных испытаний программных средств.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы для решения задачи информационного обеспечения процессов при проведении сертификационных испытаний программных продуктов на этапах сбора, хранения, переработки и представления информации о результатах испытаний. Аналитический аппарат позволит проводить оценку тенденций и факторов влияния при обосновании и принятии прогнозных решений по совершенствованию системы показателей качества информационных технологий в области сертификации программных средств.

Совокупность полученных результатов исследования является решением актуальной научно-технической задачи, направленной на совершенствование информационных процессов системы управления качеством.

Апробация результатов исследования. Исследование проводилось в рамках НИР, выполняемых Российским научно-техническим центром информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. Предлагаемые автором теоретические выводы и практические рекомендации по совершенствованию организации функционирования информационно-измерительных комплексов в составе испытательных центров и лабораторий при проведении сертификации программной продукции представлены и обсуждены на научно-практических конференциях и семинарах, проходивших в Академии стандартизации, метрологии и сертификации, Российском научно-техническом центре информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия и в ряде других организаций.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением широко известных частных научных результатов, корректностью математического обоснования впервые полученных результатов, сходимостью резуль-

татов моделирования с имеющимися экспериментальными данными, ясной физической интерпретацией полученных результатов.

Материалы исследований опубликованы в 7 печатных научных работах общим объемом 5,7 п.л. из них 3,9 п.л. принадлежат автору. Статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для опубликования основных результатов диссертационных исследований на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Структура и объем работы. Структура работы определена поставленной целью и последовательностью решения сформулированных задач. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и библиографического списка. Общий объем работы составил 145 страниц, включая 35 рисунков и 25 таблиц.

Во введении представлена общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, определены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также дана общая характеристика основных положений, выносимых на защиту.

В первой главе проведён анализ организационно-технических структур поверочных центров, показано место испытательных лабораторий в составе государственной системы обеспечения единства измерений. Предложено организационно-техническую структуру испытательных комплексов представлять совокупностью технической, метрологической и социальной сфер, как отражение технического, информационного и организационного обеспечения задач по управлению качеством сертифицируемых программных продуктов.

Рассмотрено место задачи формирования базы данных о результатах сертификационной деятельности организаций.

Разработана концептуальная схема решения поставленной в диссертационном исследовании задачи, представлены этапы ее решения на вербальном уровне и в формализованном математическом виде.

Во второй главе представлена организационно-функциональная структура испытательной лаборатории на этапе сертификационной деятельности,

показаны основной инструментарий по улучшению качества программного продукта (ПП) и разработана методическая схема проведения диссертационного исследования. Разработан подход к структурированию информационных баз данных результатов сертификационных испытаний. Предложена концептуальная модель контроля качества программных средств на основе статистического подхода к распознаванию образов. Разработана модель построения технологической последовательности управления качеством при проведении сертификации программной продукции на основе представления информационных признаков качества в виде элементов мультимножеств.

В третьей главе приведены основные результаты моделирования и машинных экспериментов по диссертационной работе. Сделаны выводы о перспективе применения полученных результатов в ходе проектной и практической работы в рамках испытательных центров.

В заключении представлены общие выводы и приведены основные результаты моделирования и машинных экспериментов по диссертационной работе, а также представлены выводы о перспективе применения полученных результатов в ходе проектной и практической работы в рамках испытательных центров.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОВЕРОЧНЫХ ЦЕНТРОВ

Одной из важнейших особенностей информации являются широкие возможности по ее представлению (воспроизведению), хранению и передаче. Это позволяет использовать и развивать организационные подходы к построению информационных систем (ИС), совершенствовать их информационное, лингвистическое, техническое обеспечение, формировать требования к информационным ресурсам и технологиям. При этом учитывается как внутренняя (структурная) информация, заключенная в структурах ИС, её элементах управления, алгоритмах (протоколах, регламентах) и программах переработки информации, так и внешняя (содержательная) информация в виде осведомляющей, измерительной, управляющей, технологической информации, извлекаемой из информационных массивов (сообщений, документации, баз данных), относительно выбранной модели предметной области потребителя информации [45, 84].

Циркулирующая в контурах управления и принятия решений информация должна быть безусловно доставлена адресату, сохраняя при этом свою содержательную сущность. Не менее важным этапом переработки информации является ее подготовка к хранению в разнообразных базах данных (БД) и непосредственное хранение в БД. При этом важно разработать правила организации, структуризации и документирования информации в БД при их создании и поддержание актуальности информации, идентичности в ходе хранения. Указанной проблеме уделяют большое внимание в крупнейших информационных системах, базах данных по всему миру, что продолжает оставаться актуальным, как в масштабе отдельных организаций, так и при разработке облачных технологий и сервисов.

В следующей главе проведен анализ требований и возможностей информационных структур при организации деятельности поверочных центров (лабораторий) на этапах сертификации программных продуктов.

1.1 Анализ организационно-технических структур поверочных центров

В ходе информатизации современного общества производство и потребление информации является важнейшим видом деятельности, а информационная среда, наряду с социальной и технико-экономической сферой, становится, по сути, средой обитания человека [4, 145]. Для информационного общества характерно:

- единое информационно-коммуникационное пространство;
- ведущая роль информационных ресурсов в организационно-технических системах;
- возрастание роли телекоммуникационных инфраструктур в социотехнической сфере общества;
- усиление тенденций на сближение информационных и денежных потоков платежных сервисов и банковских систем;
- расширение свободного доступа в системе информационных услуг населению;
- информационные метрики становятся доминантами отношений как на техническом, так и на бытовом уровне.

Следует отметить, что перечисленные характерные черты с появлением новых инновационных технологий, видов связи, аппаратных и программных средств (АПС) становятся, по сути тенденциями развития современного общества.

Для современных информационных систем различного уровня свойственны высокая информационная нагрузка, взаимодействие с многообразными базами данных, распределенность решаемых задач во времени и в пространстве, применение результирующих (получаемых и перерабатываемых) данных в контурах управления и принятия решений [30, 45, 64, 70, 80, 112]. В этой связи увеличиваются требования к измерительным системам, информационным комплексам, справочно-информационным системам, а также к программным продуктам, реализующим функциональные возможности инфор-

мационно-емких технологий. Большая роль в реализации указанных особенностей информационных систем отводится метрологическому обеспечению. Под *метрологическим обеспечением* будем понимать «систематизированный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние» [20]. На рис. 1.1 представлена структура государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), на котором показана организационная взаимосвязь органов исполнительной власти страны с информационно-технологическими задачами, решаемыми метрологическими службами и организациями различного уровня и подчинения.

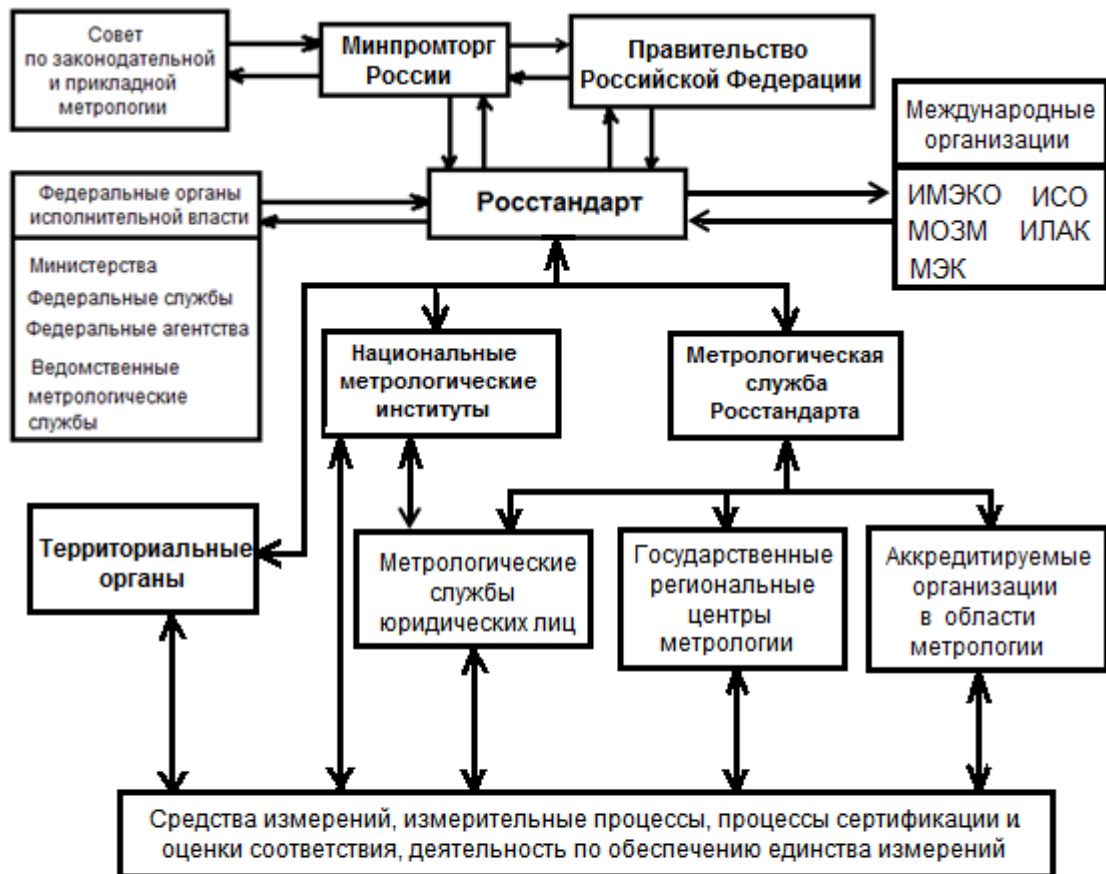


Рис.1.1. Структура Государственной системы обеспечения единства измерений: Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ); Международная электротехническая комиссия (МЭК); Международная организация по стандартизации (ИСО); международная организация по аккредитации лабораторий (ИЛАК)

Современная ГМС представляет собой территориально-распределенную информационную систему в составе Государственных научных метрологических центров, а также органов ГМС на территориях республик и других субъектов в составе Российской Федерации. Большинство измерительных средств испытательной базы либо в своем составе, либо для проведения анализа результатов измерений и поддержки информационных процессов используют программные средства, от надежности и качества которых зависят результаты применяемых методик обработки данных, хранения, поиска, выбора результатов испытательных экспериментов [83]. Тенденция роста числа задач по обеспечению единства измерений представлена в таблице 1.1, что подтверждает актуальность развития информационной составляющей процесса измерений.

Таблица 1.1 – Результаты выполнения Стратегии обеспечения единства измерений в России до 2015 г.

№	Наименование индикатора	Значение индикатора	
		План	Факт
1	Количество вновь созданных и усовершенствованных Государственных первичных эталонов	21	48
2	Число позиций по калибровочным и измерительным возможностям РФ, признанных мировым метрологическим сообществом	1450	1650
3	Повышение точности воспроизведения и передачи размеров единиц величин (раз)	5	5
4	Расширение диапазонов измерений в среднем (раз)	14	20

Динамика оказания различных видов государственных услуг в области метрологии представлена на рис. 1.2 [111]. Во исполнение требований Федерального закона № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [1] постоянно проводится работа по упорядочению законодательства – принятию фе-

деральными органами приказов по повышению точности измерений, совершенствованию системы поверки средств измерений (СИ). На это же направлена и работа по созданию методик проведения испытаний СИ за счет применения новых методов обработки и оценивания данных результатов измерений и оптимизации информационных процессов и систем, а также разработки новых требований к документации и идентификации программных средств и их влияния на метрологические характеристики средств измерений [18].



Рис. 1.2 – Количество предоставленных услуг в области метрологии

К модельно-алгоритмическому обеспечению, реализованному в составе программных комплексов ГСМ, предъявляются повышенные требования к устойчивому функционированию, с учетом распределенности ряда функций переработки информации во времени и в пространстве [41, 45, 79], а также исходя из сложности и ответственности самих решаемых задач обработки данных и принятия решений при управлении сложными объектами [47, 50, 71, 80, 92, 127].

Для улучшения контроля качества технологии изготовления программных продуктов, гарантирования их высоких потребительских свойств осуществляется их сертификация, которая до настоящего времени проводится на добровольной основе и для некоторых программ – на обязательной основе. Риски, связанные с возможными ошибками в программном обеспечении сложных объектах управления, могут привести к неприемлемым последствиям (гибель людей, техногенные катастрофы) [28, 82]. Для потребителей программной продукции наличие сертификатов о соответствии продукта установленным требованиям является гарантией высокого качества и достоверности потребительских свойств программной продукции. Это особенно важно для повышения наукоемкости производства за счет широкого использования современных технологий на базе разработки управляемых программных модулей, программных блоков и систем в составе робототехнических комплексов, что позволит сократить наметившееся отставание в данной области от зарубежных практик [54].

Необходимые для сертификации испытания проводятся испытательными лабораториями (ИЛ) или центрами, прошедшими процедуру аккредитации на проведение только тех испытаний, которые предусмотрены в их нормативных документах, и для проведения которых ИЛ оснащены соответствующим оборудованием и укомплектованы уполномоченным персоналом [14, 28]. Логика проведения испытаний строится с учетом методики испытаний, а также алгебраических аспектов определения интегральных показателей качества программных продуктов [14, 17, 85] и с целью выявления слабых мест в информационной технологии их создания и разработки.

В ходе автоматизации технологических процессов в организационно-технических системах применительно к задачам метрологической службы решаются следующие задачи [57]:

- разработки оптимальных регламентов информационного обмена для определения ответственности участников взаимодействия применительно к кольцевым, сетевым и другим видам архитектур информационных систем;

- определения оптимальной полноты предоставления и накопления данных для различных типов измерительных приборов;
- накопления и анализа типовых исполнительных запросов к базам данных;
- определения направлений максимального использования накопленной информации (по результатам проверок, испытаний) для поддержки и принятия решений при управлении;
- прогнозирования технического и экономического развития испытательной и информационной базы центров сертификации.

На рис. 1.3 представлен инвариантный к объекту испытаний контур управления процессом испытаний, где показаны основные функциональные подсистемы (п/с): измерения и сбора информации (о результатах испытаний); оценивания и обработки полученной информации; идентификации состояния (структуры, параметров) объекта испытания; выработки решений (по результатам испытаний, по доработке схемы испытаний и т.д.); информационного обмена (для форм представления, передачи данных, документирования и подготовки к хранению); организационная подсистема, осуществляющая взаимодействие подсистем и целевой контроль процесса испытаний с вышестоящего иерархического уровня управления. Исследование подобных систем, как правило, осуществляется с позиций системного анализа [47, 50, 69, 112, 117].

деления задач на этапах разработки и применения алгоритмов и программ, построения баз данных [8, 11]. Однако существуют и активно разрабатываются отдельные процедуры и программы, осуществляющие как взаимодействие комплексируемых программных блоков, модулей, так и выполняющих сервисные функции при отладке (тестировании) готовых программных изделий [20].

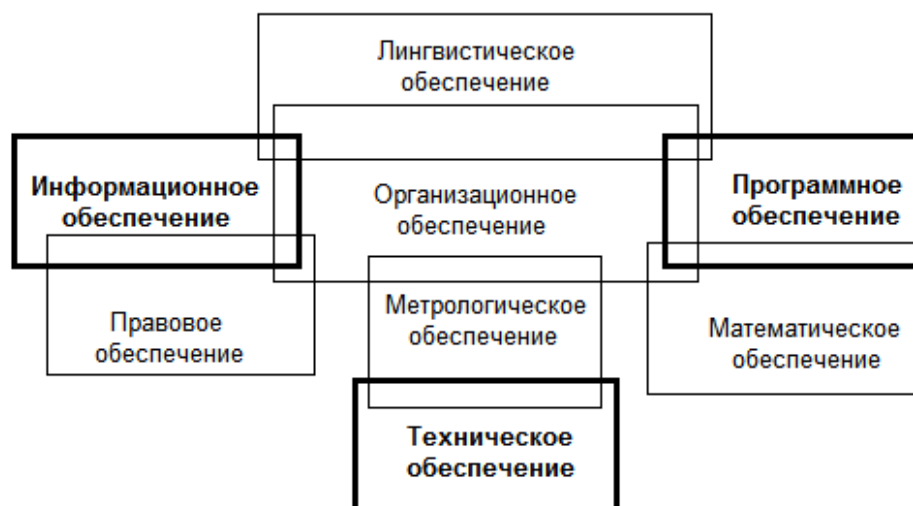


Рис. 1.4 – Взаимодействие видов функционального обеспечения автоматизированных информационных систем

Информационное обеспечение должно быть достаточным для представления форм документов, решения задач преобразования данных в отдельных подсистемах (рис. 1.3). При этом входные и выходные данные согласуются с техническими средствами, с требованиями классификаторов, нормативно-технической документации по формам существования информации [7], а математическое обеспечение объединяет методы, модели и алгоритмы, связанные с представлением, преобразованием измерительной информации по результатам тестирования программных средств, в ходе их сертификации.

Организационное обеспечение определяет действия персонала при выполнении всех функций на рабочих местах в ходе штатной эксплуатации, при взаимодействии с внешними информационными системами с учетом заданных требований по безопасности, а также при возникновении нештатных си-

туаций. Метрологическое обеспечение средств измерений и средств комплексного тестирования представляет собой совокупность документов по технологии функционирования автоматизированной информационной системы [7] и должны обладать информационной, метрологической, конструктивной, технологической и программной совместимостью. Методы измерений, технического контроля и диагностирования должны быть унифицированы, стандартизированы и должны обеспечивать достоверное определение контролируемых параметров [55, 83, 84].

Лингвистическое обеспечение позволяет реализовать удобные для анализа и восприятия формы представления информации, что отражается в документации организационного обеспечения автоматизированных информационных систем в виде правил взаимодействия персонала с аппаратно-программными средствами.

В данной работе под *испытанием* будем понимать «техническую операцию, заключающуюся в определении одной или нескольких характеристик или признаков качества программной продукции, в соответствии с установленной процедурой» или программой (протоколом испытаний) [17].

Для проведения испытаний создаются *испытательные лаборатории* (или центры), «оснащенные необходимым испытательным оборудованием и средствами измерений и тестирования, технически компетентные и признанные независимыми от изготовителей (поставщиков) и потребителей, аккредитованные в установленном порядке для целей сертификации и выдачи протоколов испытаний» [14, 82].

Системный подход к исследованиям информационных процессов в ходе проведения испытаний при аттестации программной продукции позволяет выявлять закономерности и взаимосвязи с целью их более эффективного использования, базируясь на принципах иерархичности построения, структурности взаимосвязей, множественности моделей описания предметной области [49, 108, 125].

Целью аттестации является проверка и «подтверждение соответствия предъявляемых к ПО требований», на основе определения его характеристик, свойств и идентификационных данных [22] на основании проводимых тестирований, в ходе каждого из которых проверяется конкретный примитив качества, а построенные соответствующим образом по разработанным программам испытаний тестовые сценарии позволяют оценивать функциональные возможности программных продуктов (по инсталляции, реализуемости функций, правильности и непротиворечивости данных) [12].

Представим организационно-техническую структуру испытательных комплексов, как совокупность трех сфер: 1 – технической (измерительных средств) – S_T ; 2 – метрологической (информационной, правовой) – S_M ; 3 – социальной (потребителей измерительной информации) – S_{II} (см. рис.1.5) [49]. Пересечение отмеченных сфер можно рассматривать, как отдельные подсистемы. Так, 4 – это область, характерная для ГСИ, получаемая в результате пересечения соответствующих множеств, что представим в виде декартового произведения множеств:

$$S_{ГМС} = S_T \times S_M \times S_{II}. \quad (1.1)$$

Область 1-2 или $S_T \times S_M$ характеризуется испытаниями средств измерений на этапе их подготовки к применению. Область 1-3 или $S_T \times S_{II}$ соответствует этапу ремонта, калибровки и обслуживания средств измерений и тестирования. Область 2-3 или $S_M \times S_{II}$ – деятельность по формированию нормативной и метрологической информации для подготовки проведения процесса испытания.

На рис. 1.5 условно выделен контур информационного взаимодействия между указанными сферами, который предполагает информационный обмен данными (результатами испытаний) между субъектами – участниками процессов.

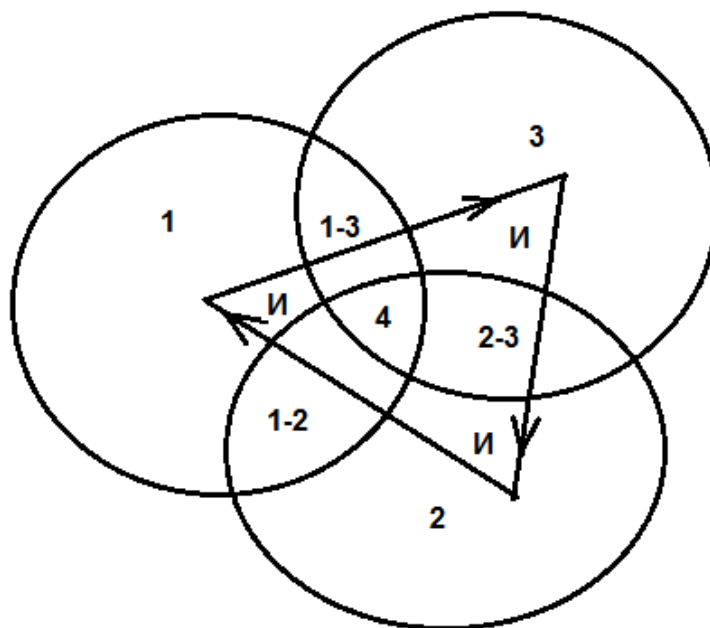


Рис. 1.5 – Структура взаимодействия организационно-технической и информационной сфер в ходе испытательной деятельности

Как известно, основной целью сертификации процесса проектирования, производства программных средств является защита интересов потребителей, а также государственных учреждений на основе контроля качества продукции за счет обеспечения их высоких потребительских свойств и повышения объективности эксплуатационных, эргономических оценок характеристик изделий [82].

В работе под *программными средствами* (ПС) будем понимать «объекты, состоящие из программ, процедур, правил, а также, если предусмотрено, сопутствующей им документации и данных, относящихся к функционированию, как технических систем, так и систем переработки данных» [7]. Программные средства (компьютерные программы и процедуры), предназначенные для передачи, поставки или продажи покупателю (клиенту) совместно с соответствующей документацией, будем называть *программными продуктами* (ПП) [7].

В условиях современного роста рынка информационных услуг потребителю предлагается огромное разнообразие программных продуктов. При этом ПП могут выступать в виде как самостоятельных разработок (пакетов

программ), так и в составе электронных средств. Потребителю становится все труднее разобраться в качестве приобретаемых программных решений, в их безопасности, соответствии требуемым нормам и т.д. Решение подобных проблем осуществляется посредством сертификационных испытаний.

Основным нормативным документом в области сертификации продукции в Российской Федерации является Федеральный Закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [3, 34]. Для организации и проведения сертификации ПП в составе средств измерений, аппаратно-программных комплексов, информационно-измерительных систем действуют методики для испытания ПО, например, МИ 2955-2010 [96], где установлен порядок проводимых тестирований программ и их содержание. В стране действуют более 2500 испытательных центров (лабораторий), критерии оценки которых, порядок их аккредитации регламентирован рядом нормативных правовых актов, в том числе ГОСТом [17, 23].

Процесс организации и проведения сертификационных испытаний включает ряд регламентированных этапов: подачи заявки на проведение испытаний в орган сертификации; выбор испытательной лаборатории; составление программы (схемы) испытаний; заключение договора на сертификацию; проведение испытаний; получение протокола испытаний (анализ полученных результатов); получение решения о возможности выдачи сертификата соответствия [28, 82] (см. рис. 1.6).

Заявителю могут быть направлены предложения по выявленным причинам отрицательного результата испытаний, после устранения которых возможны повторные испытания.

Основными категориями программных продуктов, которые могут быть сертифицированы по соответствующим заявлениям заинтересованных организаций, выступают [28]:

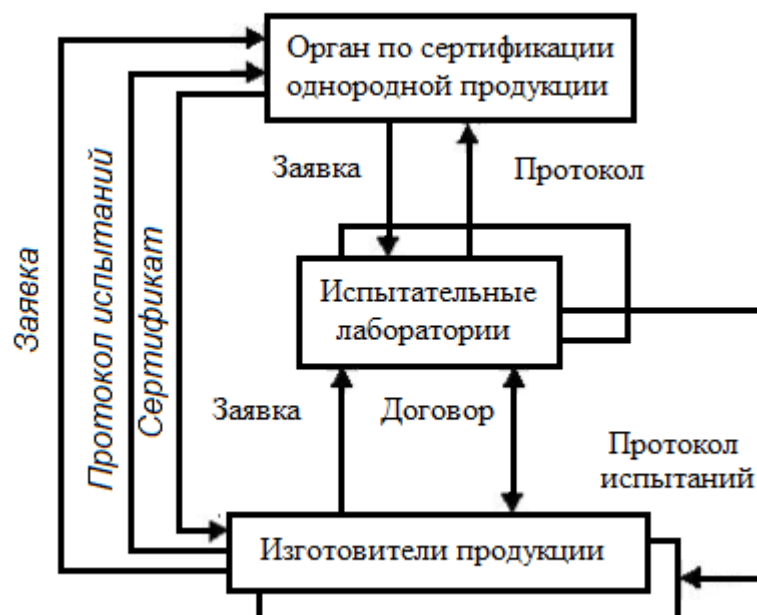


Рис. 1.6 – Организационная структура взаимодействия на этапах сертификации ПП

1) программное обеспечение:

1.1) в составе программных комплексов информационно-измерительных систем испытательных комплексов, лабораторий, центров и соответствующих им информационных баз;

1.2) в составе систем автоматизации технологических процессов и систем коммерческого учета энергетических и пригодных ресурсов, а также систем технической, информационной, радиационной и экологической безопасности;

2) прикладные программные средства:

2.1) идентификации объектов с использованием компьютерных баз данных (различные системы обнаружения, распознавания, диагностики);

2.2) управления системами, технологическими процессами, использующими средства измерений, со встроенными программами управления;

2.3) бортовых программных комплексов робототехнических устройств;

2.4) бытовых приборов (гаджетов) и коробочные версии программ (навигаторов, радиоуправляемых комплексов, операционных систем обучающих, антивирусных программ и сервисов и др.);

2.5) выполнения инженерных и специальных расчетов (офисные приложения, графические редакторы, редакторы текстов, пакеты моделирования в различных областях исследований, 1С предприятие и т.п.).

В ходе тестирования и испытаний ПП, помимо программы испытаний, целесообразно учитывать существующие виды требований к организации испытаний, представленные в таблице 1.2 [11, 82].

Таблица 1.2 – Виды требований к организации испытаний ПП

№ п/п	Виды тестирования	Основное содержание
1.	Функциональное	Контроль спецификации заявленных эксплуатационных характеристик
2.	Системное	Оцениваются динамические возможности ПП: производительность; точность; надежность; безопасность; интерфейс пользователя и др.
3.	Испытания предельных значений показателей	Проверка отдельных базовых характеристик ПП (живучести, отказоустойчивости и др. по требованию заказчика)
4.	Инсталляционные	Простота и осуществимость процесса
5.	Удобство и простота применения	Легкость освоения продукта пользователем, включая применение и поддержание в рабочем состоянии
6.	Выявление основных рисков	Оценка категорий внешних факторов на функционирование ПП

Все типы программных продуктов, разработчики (производители), результаты испытаний, основные характеристики объектов испытаний, схемы и методики проведенных испытаний и вся сопутствующая информация заносятся в базу данных. Анализ хранимой информации позволяет оценить, как эффективность отдельных производителей программных средств, так применяемых методов, моделей и алгоритмов, лежащих в основе схем испытаний.

1.2 Организация формирования баз данных в системе испытательной деятельности

В большинстве информационных систем центральное место занимает проблема разработки и совершенствования баз данных, от наполнения которых, актуальности хранимых в них информационных массивов и способов получения пользователями необходимой информации зависит востребованность информационной системы. Все основные показатели качества информации приложимы к понятию качества данных, т.е. форме представления информации в вычислительной среде. Поэтому показатели достоверности, как интеграции полноты и точности или безошибочности, кумулятивности, когда по небольшим объемам информации можно достаточно адекватно представлять ситуацию в целом, являются актуальными для оценки состояния баз данных.

Технологии формирования баз данных в условиях растущей окружающей нас информационной действительности требуют постоянного совершенствования. Пользователю все труднее получать искомую информацию в сжатые временные сроки, поэтому разработка баз данных должна проводиться под конкретные информационные процессы и технологии. Это особенно актуально в тех случаях, когда результаты измерений требуют дальнейшей переработки и последующего анализа.

В настоящее время отсутствует единое определение понятия базы данных, но основные отличительные признаки, которые присущи БД, – это электронный принцип реализации, т.е. вычислительная среда, и логическая структура построения на основе принятой системы связей или отношений (см. таблицу 1.3).

Организация и структура базы данных должна обеспечивать процедуру эффективного обслуживания множества информационно-поисковых процессов. Целью разработки БД является выбор таких методов физической структуризации данных, операций их обработки, коммуникативных форматов, ко-

которые обеспечивают целевую эффективность функционирования системы «БД – СУБД» (система управления БД) [80]. Результаты проектирования БД во многом определяются параметрами логической структуры, методами доступа, поиска информации и обработки данных. Известно, что любое структурирование системы позволяет выявить новые эмерджентные свойства, которые явно не присущи составным элементам сформированной системы [47, 73, 126].

Таблица 1.3 – Дефиниции понятия «База данных»

Дефиниции понятия «База данных»	Краткое название источника
Совокупность структурированных данных в электронной форме, отображающую состояние объектов и их отношений в некоторой предметной области, с общим пользовательским интерфейсом и программными средствами для доступа и обработки данных	ГОСТ Р 7.0.94-2015, п.2.7.11.2 [21]
Совокупность данных, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, независимая от прикладных программ	ГОСТ 20886-85, п. 6 [5]
Коллекция данных, организованная согласно ее концептуальной структуре, описывающей характеристики данных и отношения между информационными объектами, и охватывающая одну или несколько прикладных областей	ГОСТ ИЕС 61082-1-2014, п. 3.1.5
Формальное представление информации, удобное для хранения и поиска данных в нем	Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б. [48]
Некоторый набор перманентных данных, используемых программными системами коммерческих, научных, технических и других организаций	Дейт К.Дж. [53]

Структура технологии формирования БД представлена на рис. 1.7. Она включает следующие этапы: *сбора данных* о результатах испытаний; *пре - обработки* (предварительной, включающей заполнение специальных форм и шаблонов); *полной обработки*, включающей процедуры расчета показателей эффективности и качества программных средств; *разработки и заполнения форм записей* для ввода в базу данных; формирования *модели объекта* для реализации схем испытаний и общей программы испытания, а также может выступать информационной моделью предметной области; создания моделей *поиска информации* и разработки *форм выходных данных*, системы запросов и диалогового взаимодействия в процессе настройки фильтров ускоренного

поиска информации; *анализа данных* (результатов запросов); *принятия решений* по результатам анализа. Базы данных во многом предназначены для дальнейшего использования в ходе аналитического анализа хранимой информации и выполнения ряда функциональных задач автоматизированных информационных систем.

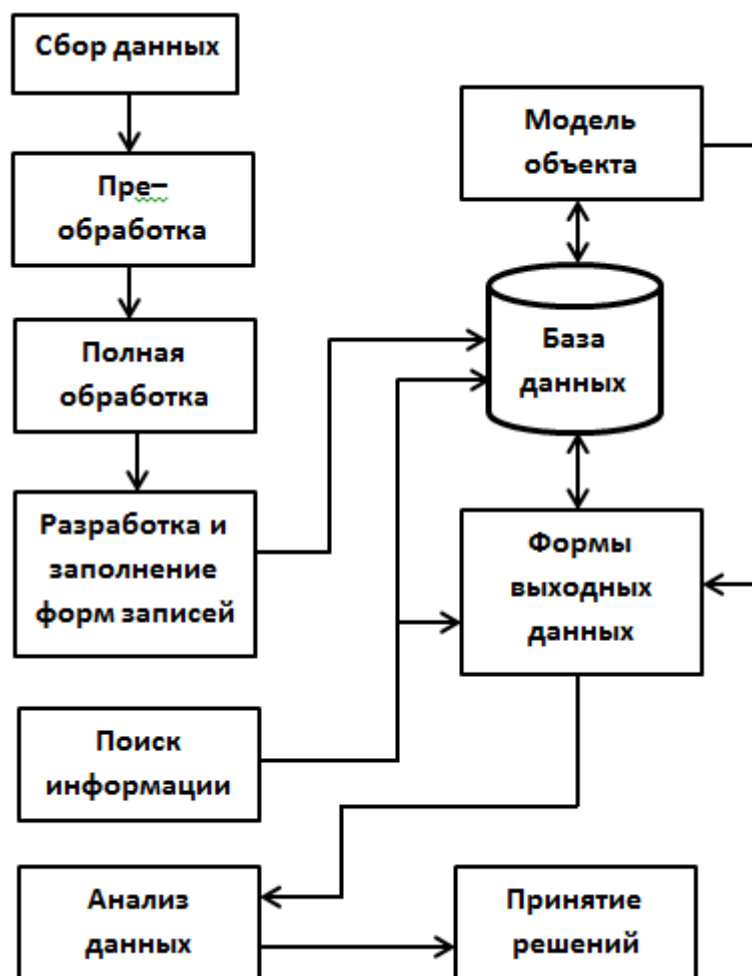


Рис. 1.7 – Структура технологических этапов формирования БД и их анализа

Существует обширная литература по базам данных, например, [53, 61, 63, 137, 143], в которой приводится ряд подходов к описанию разновидностей БД. Признаками классификации выступают: области приложения, структуры построения, объемы (количество элементов) и объекты (сущности) хранения, динамика используемой памяти и ряд других. В настоящей

работе в качестве основного признака будем использовать типы структур моделей данных и семантическую составляющую понятия информации.

Под *моделью данных* (МД) будем понимать разметку содержимого информационной модели по форме, смоделированной для конкретного типа репозитория (хранилища), протокола обмена в соответствии с технологиями представления, организации, хранения и управления данными [19]. Иными словами, это некоторая «абстрактная машина доступа к данным, с которой взаимодействуют» потребители информации [53].

Таким образом, МД должна характеризоваться: структурой данных (таблицы, списки, деревья); совокупностью возможных операций с данными (поиск, обновление, накопление и т.д.); набором правил (отношений) для выстраивания соединений между данными. С другой стороны, МД можно назвать агрегатом данных, характеризуемым векторной или иерархической структурой [57].

К наиболее распространенным моделям данных можно отнести следующие модели [53, 137, 143]:

- иерархические модели данных (ИМД), для которых характерна древовидная наглядная структура, объединяющая объекты различных уровней;
- реляционные модели данных (РМД), представляющие собой логический тип моделей;
- объектно-реляционные модели данных (ОРМД), построенные на основе принципов объектно-ориентированного программирования;
- сетевые модели данных (СМД);
- многомерные модели данных (ММД).

Сравнительный анализ перечисленных моделей данных представлен в таблице 1.4.

Наиболее существенными параметрами БД являются следующие: быстродействие; особенности обновления данных; независимость данных; возможность работы в многопользовательском режиме выдачи данных; безопасность данных и БД в целом; стандартизация построения и эксплуатации

БД; адекватность отображения данных, соответствующих заданной предметной области.

Применительно к региональным метрологическим и поверочным центрам и лабораториям, характеризующимся значительными информационными потоками, целесообразно создание и ведение баз данных. Наиболее близкими по физической сущности являются распределенные базы данных (РБД), представляющие собой систему логически интегрированных и территориально распределенных по взаимосвязанным ресурсам баз данных, программно-технических и организационных средств, предназначенных для создания и переработки информации, включая ее передачу, представление и хранение [5, 61, 137]. В таких базах данных знания схемы БД необходимы для составления запросов.

Таблица 1.4 – Сравнительный анализ моделей данных

Основные характеристики	ИМД	РМД	СМД	ММД
Объем требуемой памяти	минимальный	большой	средний	небольшой
Скорость выполнения операций соединения	средняя	низкая	высокая	высокая
Простота организации	да	да	нет	нет
Универсальность	Доступ через концевой объект	да	да	да
Независимость данных	да	да	да	да
Принципы доступа к данным	Только навигация	Логический	Только навигация	Только навигация
Теоретическое обоснование методов, отношений	нет	да	да	да
Особенности структуры	Простая	Гибкая	Сложная	Сложная
Особенности программирования	Не сложное	Сложная	Не сложное	Не сложное
Число элементов	Достаточное	Избыточное	Достаточное	Достаточное

Распределенная обработка позволяет соединить отдельные компьютеры (см. рис. 1.8) в коммуникационную сеть для организации совместной задачи обработки данных на нескольких компьютерах. Технология РБД позволяет совместное использование одного сервера несколькими точками досту-

па, т.е. несколькими пользователями одновременно. Кроме того, в запросе пользователя может присутствовать требования данных от нескольких серверов, чего сам пользователь может и не знать.

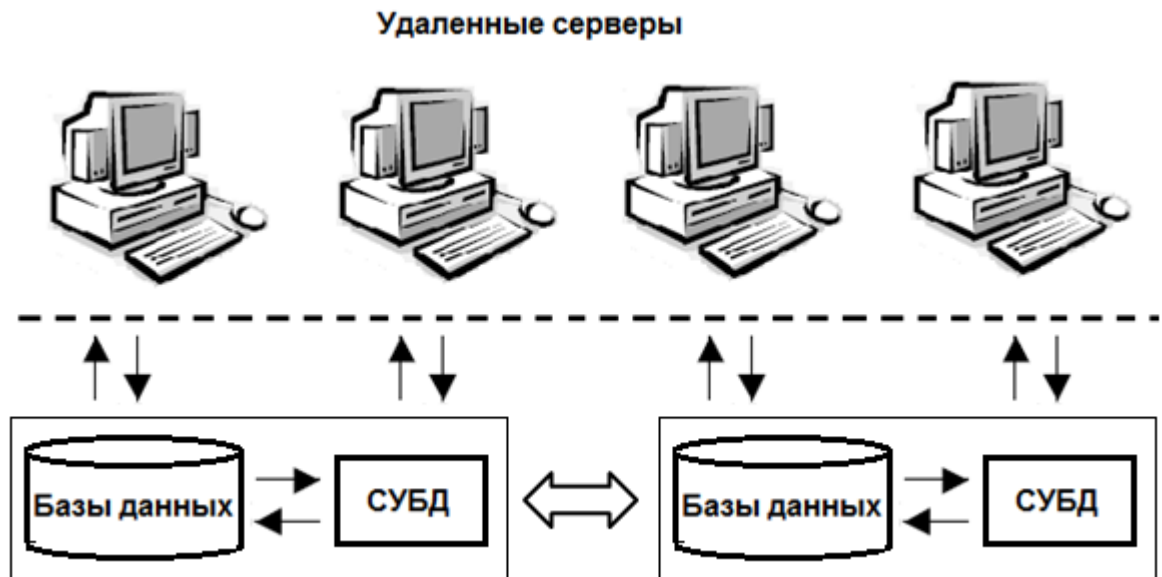


Рис. 1.8 – Взаимодействие распределенных серверов в РБД

Сетевой характер РБД позволяет распределять ресурсы памяти, интегрируя их в единую структуру за счет работы распределенной СУБД. В РБД данные виртуально располагаются на некотором сетевом ресурсе (сайте компании), на котором регистрируются пользователи (сотрудники), чем обеспечивается локальность или автономность работы, а также декомпозиция функций управления. Защита от сбоев или отказов отдельных узлов достигается путем репликации данных, которые могут дублироваться как на отдельных сайтах, так и иным путем.

Примером системы электронного документооборота является Lotus Notes. Несмотря на свою уже тридцатилетнюю историю, технология Lotus остается востребованной, так как обеспечивает: многопользовательский режим; удобный интерфейс; взаимодействие с гипертекстовой системой. Одновременно Lotus включает подсистему тиражирования (репликации) данных, подсистему защиты информации, а также средства для разработки приложений. Система является экономически выгодным приобретением, так как есть

возможность ее использования как справочной информационной системы, хотя отдельные функции, например, по копированию информации, могут выполняться пользователями только с правами администратора. В таблице 1.5 представлены виды функциональных задач в системе Росстандарта, реализованных на базе модулей Lotus Notes.

Таблица 1.5 – Примеры автоматизированных информационных систем на базе Lotus Notes

Функциональная АИС	Назначение
«Нормативные документы»	Формирование, ведение и распространение фондов нормативных документов (НД), закрепленных за Росстандартом и другими ФОИВ. Включает базы данных (БД) государственных, межгосударственных и отраслевых стандартов, технических условий, международных и национальных стандартов зарубежных стран.
«Классификация»	Обеспечивает ведение, изменение действующих общероссийских классификаторов (ОК) технико-экономической и социальной информации, гармонизированных с международными, а также использование кодов классификаторов, как элементов языка запросов во всех НД. На текущий момент действуют 30 ОК.
«Терминология»	Обеспечивает формы ввода, обработки, хранения и выдачи информации по научно-технической терминологии с целью обеспечения разработки и правильного применения всех видов стандартов, единого терминологического пространства при разработке правовых и НД, а также как элемент языка запросов в других АИС. Реализована в виде БД «РОСТЕРМ», содержащая более 250 тыс. единиц терминов с удобными ссылками на статьи в ГОСТах.
«Сертификация»	Обеспечивает учет товаров и выданных сертификатов, удобный поиск информации, периодическую запись данных в центральное хранилище через региональные серверы.

Сравнительный анализ ряда современных систем группового программного обеспечения выявил преимущество системы Lotus Notes [62]. Процесс построения аппаратно-программных комплексов и разработки видов их технологического обеспечения основывается на принципах: открытости систем, высокой производительности, надежности и экономичности, постое-

янной готовности и возможности расширения системы без коренной модернизации.

Следует отметить, что в условиях информатизации общества, постоянного роста информационных потоков в повседневной жизни актуальным становится вопрос повышения оперативности и обоснованности принятия управленческих решений с привлечением разнообразных информационных ресурсов (ИР). В общем случае ИР представляет собой совокупность запасов «содержательной достоверной информации в структурированной форме» хранения, позволяющей их использование и воспроизводство [83].

На развитие ИР направлено создание «единой информационной среды» в отдельных сферах управления (министерств и ведомств), а также в масштабе государственных программ. Постоянно ведется работа по созданию, изменению и ведению отдельных информационных ресурсов в целях формирования технологических и организационных основ для обмена данными в принятых форматах и обеспечения их достоверности и актуальности. Это в полной мере относится к технологии сертификации программных средств, так как в настоящее время отсутствуют общедоступные БД по производителям ПС, типам их продукции, категориям ее сертификации, возможностям и профилям деятельности испытательных центров.

Единая информационная среда призвана обеспечить:

- актуализацию данных во всех информационных ресурсах;
- существенное сокращение затрат на поддержание информационной среды за счет унификации и стандартизации технологических процессов и ПС;
- сокращение объема претензионной работы на стыках проектов;
- унификацию информационных ресурсов на основе разработки единых идентификационных признаков для хранимых в них данных.

1.3 Основные понятия качества баз данных испытаний программных продуктов

Эффективность современных информационных систем и технологий, в том числе и автоматизированных информационных систем (АИС), в которых функции управления (частично или полностью) выполняет человек-оператор, напрямую зависит от качества их программного обеспечения. Программные средства активно используются во всех подсистемах АИС (см. рис. 1.3) на этапах переработки информации, поиска и отображения результатов анализа, формирования баз данных и многих других.

Обычно под «качеством» понимается свойство/свойства продукта, процесса или услуги удовлетворять требованиям потребителей. Когда рассматривается процесс функционирования информационных систем или технического комплекса, значительно увеличивается число свойств, требующих оценки, а степень их качества чаще всего сравнивается с требованиями нормативных документов (техническим заданиям на разработку, ГОСТам и др.). Качество информационной продукции можно оценить через количественные изменения их свойств в процессе проводимых испытаний [28, 82].

Цель испытаний любого уровня – это повышение качества изделия, так как непринятые меры по доработке программных средств с течением времени приводят к новым дефектам (сбоям) и ошибкам в программах, что проиллюстрировано на рис. 1.9 [120].

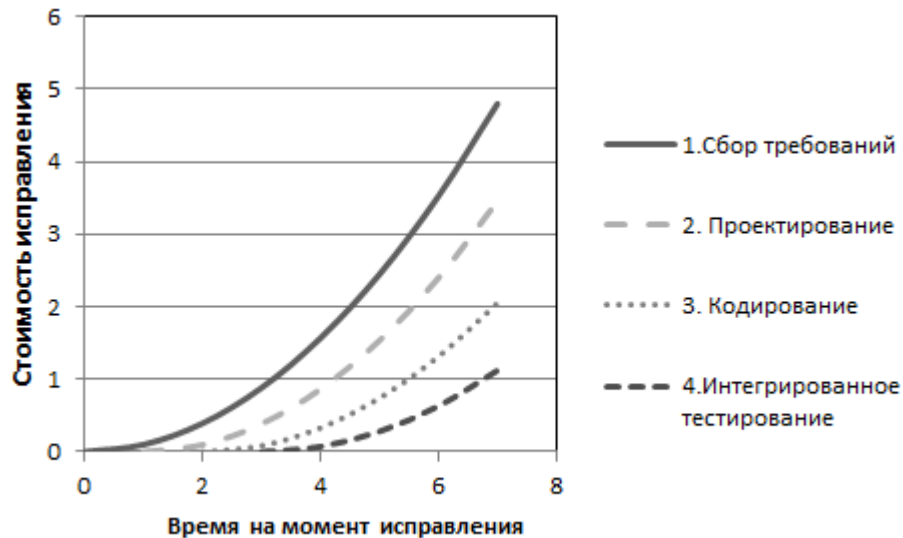


Рис. 1.9 – Качественные зависимости стоимости исправления дефектов программ на этапах ЖЦ

Зависимости на рис. 1.9 соответствуют различным этапам жизненного цикла программных средств, причем поиск дефектов и ошибок, ввиду постоянного совершенствования информационных систем и процессов, не теряет своей актуальности.

По аналогии с качеством продукции, под *качеством данных* понимают «совокупность их свойств, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности» [55]. По своей сути данные являются продуктом информационных систем, а также формой представления информации в них, поэтому уместно, в этой связи, отметить понятие *качества информации*, как совокупность свойств содержательной информации, характеризующих степень ее соответствия потребностям (целям, ценностям).

Потребительскими показателями качества информации, наряду с ценой, содержанием, доступностью, точностью, выступают показатели, свойственные этапам переработки информации. Так, для этапа сбора, первичной обработки данных важны характеристики репрезентативности, достоверности, на этапе передачи данных – параметры актуальности, устойчивости, а для этапа применения информации – параметры полезности и прагматиче-

ские свойства, например, удовлетворенность пользователя полученной информацией по сделанному запросу [55, 83].

Применительно к вычислительной технике информация представляется в виде данных, физическая форма которых – это текстовые, программные (на языках моделирования), видео-, аудио- и другие файлы. При этом понятие *качества данных*, как и качество продукции, есть «совокупность свойств, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением», по аналогии с качеством программного обеспечения и программных средств [7, 24].

Таким образом, трактовка понятия «качества» может рассматриваться на нескольких уровнях: 1) на *целевом* уровне, исходя из предназначения АИС, когда преобразования направлены на повышение эффективности технологических решений за счет организационного, структурного или функционального развития и совершенствования объектов; 2) на *сущностном* уровне – исследуются конкретные признаки, свойства, структурные особенности, характеристики объектов, в частности, программных средств; 3) на *функциональном* уровне – идентифицируются информационные технологии и процессы управления и переработки информации, соответствующие основным подсистемам АИС (рис. 1.3); 4) на *общесистемном* уровне – рассматривается взаимодействие с другими системами окружающей среды, когда оценивается качество информационной системы (ИС) в целом и анализируются ее ценности (см. рис. 1.10).



Рис. 1.10 – Свойства составного понятия качества ИС

Представленные четыре уровня, на наш взгляд, позволяют увязать, например, сущностные признаки объекта с технологиями. Так, базы данных и, соответственно, системы управления БД напрямую связаны с алгоритмами и машинными программами, реализующими их функции. Поэтому большинство свойств, характеризующих качество программных средств, может быть применимо для оценки качества объектов, которые составляют предмет исследования следующего или следующих уровней, представленных на рис. 1.10. Например, для оценки формально-технических свойств информационных систем актуальны свойства безошибочности, оперативности, целостности и полноты [84], составляющих понятие содержательной информации – важнейшей части информации при рассмотрении вопросов документирования или создания баз данных.

Исходя из существующих наборов признаков и методик их определения для каждого типа программных средств [95, 96], можно утверждать о многопризнаковых объектах, причем различные признаки могут использо-

вать различные метрики и, соответственно, шкалы для их измерения и оценки. В таблице 1.6 представлены особенности по реализации шкал применительно к типам шкал, используемым при оценке качества программных средств.

Таблица 1.6 – Варианты реализации шкал при оценивании признаков качества

Особенности реализации шкал	Тип шкалы				
	Наименований	Порядка	Разностей	Отношений	Абсолютные
Использование единиц измерений	Невозможно ввести единицы измерений	Невозможно ввести единицы измерений	Возможно ввести единицы изменений	Возможно ввести единицы изменений	Возможно ввести единицы изменений
Необходимость эталона реализуемой шкалы	Шкалы могут применяться без специальных эталонов	Шкалы могут применяться без специальных эталонов	Реализация шкал - только за счет специальных эталонов	Реализация шкал - только за счет специальных эталонов	Шкалы могут применяться без эталонов
Что должен воспроизводить эталон при его наличии?	Весь диапазон шкалы	Весь диапазон шкалы	Какую либо часть или точку шкалы и условный ноль	Какую либо часть или точку шкалы	Обязательные требования отсутствуют

Для качественного анализа свойств (признаков) программной продукции в основном используют порядковые и шкалы наименований. Если для шкалы наименований свойственна оценка типа «да» – «нет», то порядковая шкала дает возможность ранжировать элементы и упорядочивать их по определенным принципам. Шкала разностей или интервалов широко применяется как при измерении ряда физических величин, так и при экспертном оценивании. Она с помощью линейных преобразований позволяет изменять масштаб шкалы и варьировать диапазоном измерения. Для сравнения однотипных свойств различных объектов применяются шкалы отношений.

Отдельно следует остановиться на терминологической стороне вопроса, актуальность которого возрастает при формировании словарей признаков, а также при наполнении соответствующих баз данных [121, 124, 143, 150]. В большинстве случаев система понятий связана с определенной предметной

областью, в которой есть возможность установить взаимосвязи существующих понятий с вновь вводимыми понятиями в БД. Формирование понятий связано с выявлением их главных признаков и установлением системы отношений между ними. Несмотря на это, отношения *понятийного* уровня более просты в сравнении с отношениями между признаками и объектами, характеризуемыми этими признаками.

Структуризация предметной области позволяет выявлять эквивалентные понятия (противоположенные, противоречивые и др.), а также расширять структуру системы понятий, что в пределе повышает оперативность выполнения запросов, за счет сокращения времени поиска информации по соответствующим запросам пользователей БД. Набор терминов для заданной области знаний, определенным образом увязанных прагматически и находящихся в отношениях взаимосвязи с соседними терминами (таксонами) будем называть *таксономией* [108, 152]. Математически таксономию представляют древовидной структурой для проведения классификаций определенных наборов объектов или процессов из некоторого множества на классы, группы, типы, кластеры [109]. Обычно упорядочение множества таксонов осуществляют за счет отношения включения $\subseteq$. Если между таксонами T_i и T_j имеется включение $T_i \subseteq T_j$, то говорят, что таксон T_i меньше T_j [56]. Таким образом, таксон представляет группу объектов, объединяемых совокупностью признаков или свойств в одну категорию [72]. Вверху этой структуры – объединяющая единая классификация, т.е. корневой таксон, который относится ко всем объектам данной таксономии [108]. Применительно к характеристикам качества требуется сопоставлять формы понятия «мера»: показатель – признак – параметр, свойственные испытательному процессу, представленные на рис. 1.11.

Заметим, что для таксона свойственно существование гипотетических объектов, наряду с реально действующими объектами [108]. Это могут быть проекты систем, планируемые события, которые характеризуются признака-

ми из общего перечня (словаря). Предметная область словаря составляет некоторое множество или универсум программных средств – O_{nc} , мощность которого определяется мощностью множества свойств таксонов, входящих в данный универсум. Основными недостатками существующих моделей качества является их узкоспециальная направленность и, как следствие – терминологическая несогласованность [40]. Таксономическая схема терминов, понятий, данных, на наш взгляд, позволяет оперативно и наглядно строить структуры разнотипных данных с учетом разнообразия предметных областей.



Рис. 1.11 – Понятия, относящиеся к категории характеристики качества

На рис. 1.12 показаны основные стандарты, регламентирующие этапы системы оценки качества программных средств, разрабатываемых для этой

цели моделей, метрик качества и показателей. При этом устанавливается связь этапов жизненного цикла (ЖЦ) программного обеспечения с признаками качества, характерными для отдельных этапов [13, 24]. Знание порядка разработки ПС и особенности эксплуатации позволяет, в свою очередь, построить адекватный процесс сертификации, обеспечивая оценивание конкретных групп признаков качества.

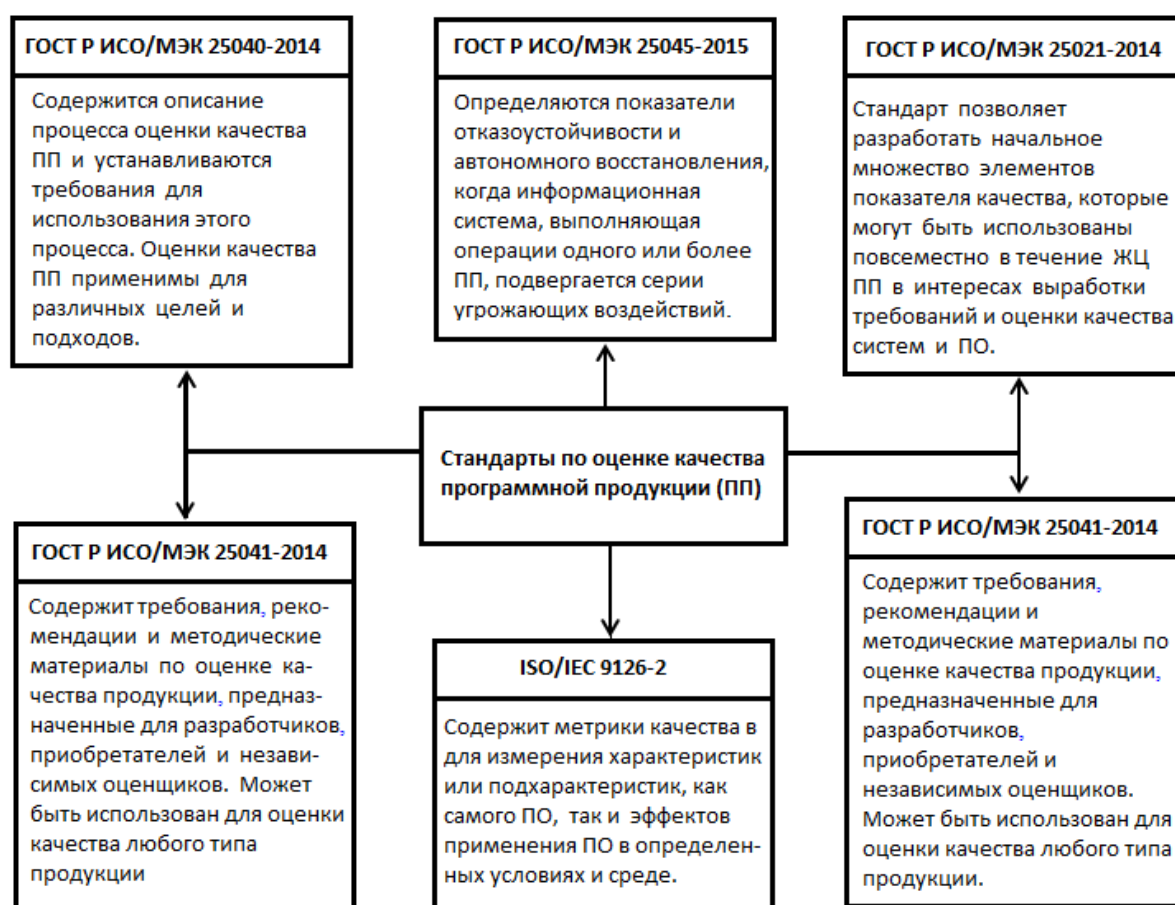


Рис. 1.12. Основные стандарты в области оценки качества ПС

Практически невозможно измерить или оценить все характеристики качества (а тем более, субхарактеристики) для крупномасштабных ПС. Поэтому осуществляют предварительную декомпозицию, а иногда и ранжирование, выявляя приоритетные процессы, программного комплекса [28] и оценивают характеристики для отдельных процедур или программных модулей, после чего проводят определение интегральных оценок качества.

Отмеченные стандарты входят в комплект международных стандартов серии «Системная и программная инженерия» (СиПИ), а также требований к качеству и оценке ПП [9, 18, 24], как SQuaRE¹. В данной серии заявлены три модели качества:

- 1) модель качества при использовании (МКИ), т.е. технико-социальный аспект продукции;
- 2) модель качества продукта (МКП), отражающая способность ПП решать целевые задачи;
- 3) модель качества данных (МКД), т.е. информационно-коммуникационный аспект, отражающий способность данных, как содержать, так и переносить информацию.

Данные современные стандарты (рис. 1.12) ориентированы:

- на корпоративные ИС и организации, осуществляющие ИТ-услуги;
- на поставщиков встраиваемого ПО, методик, инструментария, программ для ЭВМ и баз данных, свободно реализуемых на территории Российской Федерации [2], например, на потребительском рынке ПП для различных секторов экономики.

Перечисленные модели, по мнению разработчиков стандартов, позволяют обеспечить множество характеристик качества, которые удовлетворяют запросы, как инженеров-разработчиков ПС, так и системных интеграторов, специалистов по обслуживанию и приобретателей ПП.

Качество информационных систем определяется качеством основных видов обеспечения процесса их функционирования, представленных выше на рис. 1.3. На рис. 1.13 выделены информационные ресурсы и основные виды обеспечения (информационное обеспечение (ИО), техническое, программное), хотя требуют внимания абсолютно все, рассмотренные на рис. 1.3. В итоге качество информационных процессов является управляющим фактором в ходе применения любой системы по назначению с учетом решаемых целей, выраженных в выполняемых задачах функционирования.

¹ “Systems and software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation”

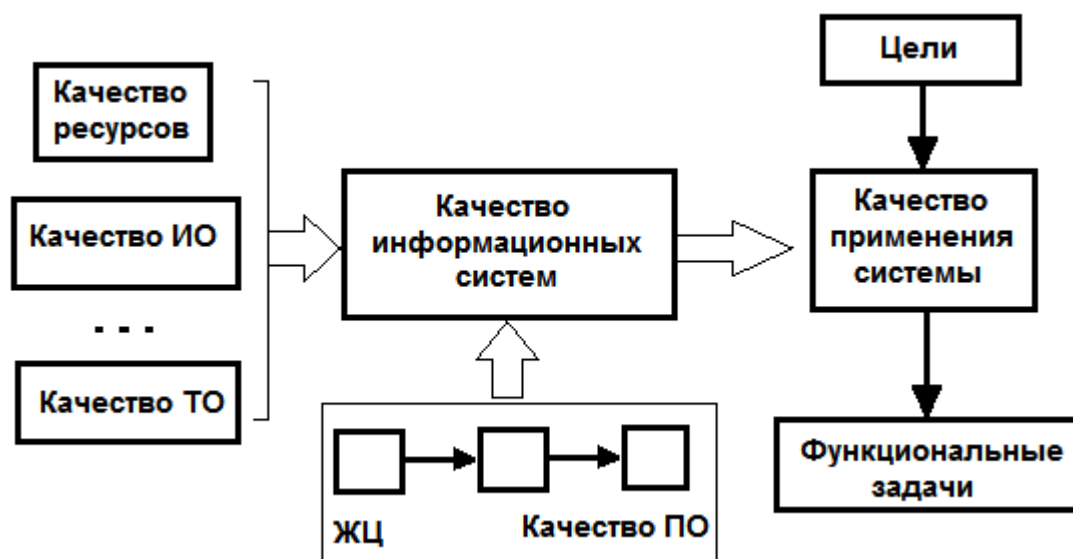


Рис. 1.13. Модель качества систем на уровне информационного взаимодействия

Большинство показателей качества (свойства) программной продукции формируется на стадии их разработки и реализации [24], которые затем используются на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ). Часть свойств программного обеспечения составляют неотъемлемые свойства, которые характерны ПО в процессе ЖЦ, а часть – могут меняться в зависимости факторов производства, реализации, рыночных отношений, когда программы рассматриваются, продукты (см. таблицу 1.7).

Таблица 1.7 – Свойства программного обеспечения

Свойства ПО	Содержание свойств	
Неотъемлемые свойства	Свойства качества	Функциональная пригодность; надежность; уровень производительности; удобство использования; защищенность; совместимость; сопровождаемость; переносимость
	Функциональные свойства (ФС)	Проблемно-ориентированные ФС; ФС относительно внешней информационной среды; ФС отражения влияния дестабилизирующих факторов
Присвоенные свойства	Административные свойства	Поставщик продукции, дата поставки, цена, гарантийные обязательства
	Правовые свойства	Правовые методы защиты программных продуктов и баз данных

Существующие модели МакКола, Бозма [38], Гецци и многие другие, рассматриваемые, например, в обзоре [59], представляют собой отдельные стороны разработки и применения программных средств, используемые различными производителями программной продукции. В целом модели теоретического направления строятся на идее построения отношений между составляющими (свойствами) качества. Второй подход объединяет модели, связанные управлением данными на основе методов статистического анализа. Третье направление моделей качества является комбинацией первых двух.

Характеристики (показатели) качества программного обеспечения и взаимосвязи между ними, составляющие модель качества ПС, представлены в таблице 1.8 [9, 55].

Таблица 1.8 – Основные показатели качества программных продуктов

№ п/п	Показатели качества	Составляющие показателя качества
1	Функциональные возможности	1.1. Пригодность; 1.2. Правильность; 1.3. Способность к взаимодействию; 1.4. Согласованность; 1.5. Защищенность
2	Надежность	2.1. Стабильность; 2.2. Устойчивость к ошибке; 2.3. Восстанавливаемость
3	Практичность	3.1. Понятность; 3.2. Обучаемость; 3.3. Простота использования
4	Эффективность	4.1. Характер изменения во времени; 4.2. Характер изменения ресурсов
5	Сопровождаемость	5.1. Анализируемость; 5.2. Изменяемость; 5.3. Устойчивость; 5.4. Тестируемость
6	Мобильность	6.1. Адаптируемость; 6.2. Простота внедрения; 6.3. Соответствие; 6.4. Взаимозаменяемость

Указанные показатели качества ориентированы на специалистов-аналитиков, заказчиков программных средств, область применения про-

грамм, способы контроля и на особенности функционала создаваемых объектов [28].

Определение надежности ПП, в смысле надежности функционирования технических систем, применимо только для программ, работающих в реальном масштабе времени с непосредственным взаимодействием с внешними информационными источниками [82]. Основными факторами, определяющими надежность программ, являются дефекты и ошибки, внесенные в процессе проектирования, которые в большей своей части устраняются в ходе тестовых испытаний на завершающем этапе создания ПП. Соответственно, введение в вычислительные алгоритмы временной, программной или информационной избыточности позволяет сократить количество отказов, переводя их в разряд сбоев.

Общепринятые характеристики качества ПС, в соответствии с международным стандартом ISO 9126:1991, рассматриваются в виде следующих взаимозависимых и взаимообусловленных «метрик характеристик качества» [9, 28], включающих следующие уровни:

- уровень «внутреннего качества» (проявляется в процессе разработки ПО и на всех этапах его жизненного цикла, а метрики этого уровня используются для оценки как конструктивных, так и функциональных свойств ПО);
- уровень «внешнего качества», на котором реализуются требования заказчика, что отражается в результирующих характеристиках и производственных свойствах ПО (метрики этого уровня оценивают применимость ПО в конкретной организационной и технологической среде);
- уровень «качества функциональной пригодности», оценка которого возможна в процессе эксплуатации ПО, а результат отражает заявленные целевые возможности ПП.

В ходе проведения сертификационных испытаний программных средств проверяется соответствие показателей качества (см. таблицу 1.9) существующим требованиям, а также требованиям, заявленным производителем.

В таблице 1.9 раскрыта комплексная характеристика «Функциональные возможности» в виде примеров проводимых расчетов ее подхарактеристик.

Таблица 1.9 – Пример комплексного показателя качества «Функциональные возможности»

Характеристика	Подхарактеристика	Содержание атрибута ПО	Измерение и расчет
Функциональные возможности	Пригодность	Соответствие набора функций решаемыми задачам	$X = 1 - A / B$, где A – количество функций, в которых обнаруживаются проблемы при оценивании; B – количество оцениваемых функций
	Правильность	Соответствие ожидаемым результатам (аналогично по правильности вычислений и точности)	$X = A / T$, где A – количество случаев недопустимого отличия от ожидаемых результатов; T – время работы
	Способность к взаимодействию	Способность к обмену данными (основана на формате данных)	$X = A / B$, где A – количество форматов данных (ФД), применяемых для конкретной задачи; B – общее количество ФД
	Согласованность	Степень соответствия функций; интерфейсов стандартам	$X = 1 - A / B$, где A – количество не выполненных пунктов согласованности в процессе испытаний; B – общее количество заданных пунктов согласованности в функциональных возможностях
	Защищенность	Способность к отслеживанию доступов с целью их предотвращения	$X = A / B$, где A – количество «доступов пользователя к системе и данным», зарегистрированных в БД предыстории доступов; B – количество «доступов пользователя к системе и данным», совершенных во время процесса оценивания

На рис. 1.14 условно представлены восемь основных показателей качества ПП и их задействование в моделях качества при использовании программных продуктов. Так, в МКИ активными являются характеристики 1, 2, 4-6. Это позволяет одновременно учитывать качество программного обеспечения, аппаратных средств, вычислительной среды, пользовательских оценок, т.е. социальной среды [9, 24]. Другими словами, МКИ позволяют оценивать степень применимости ПП пользователями для решения целевых задач с принятым уровнем эффективности (удовлетворенности их потребностей).

В МКИ для задач обслуживания востребованы характеристики 3, 7, 8. Для ряда специальных задач, когда ПП однократной инсталляции и автономного использования.

Для таких объектов активны характеристики качества 2, 5 и 6, что свойственно при однократном использовании, например, без возможности восстановления, когда не предусмотрено продление жизненного цикла (ЖЦ), ремонт, замена отдельных структурных элементов в ходе эксплуатации.



Рис. 1.14 – Возможные модели качества при использовании

Следует иметь в виду, что характеристики качества ПС (см. таблицу 1.10) уточняются, за счет соответствующих подхарактеристик, иерархически подчиненных основным восьми характеристикам качества [9, 24], для которых разрабатывается и контролируется система показателей качества, определенная системой стандартов (см. рис. 1.12).

Таблица 1.10 – Рекомендации по применимости показателей качества для типов ПС

Показатель по табл.1.5	Применимость показателя по типу ПС					
	1	2	3	4	5	6
1.1 Устойчивость функционирования	+	+	+	–	+	+
1.2 Работоспособность	+	+	+	+	+	+
2.1 Структурность	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
2.3 Наглядность	+/-	+/-	+/-	–	+/-	+/-
3.1 Легкость освоения	+/-	+/-	+	+/-	+	+/-
3.3 Удобство обслуживания	+	+	+	–	+	+
6.1 Полнота реализации	+	+	+	+	+	+
6.5 Защищенность	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-

Экспликация к таблице 1.6

"+" - применимость данного показателя;

"-" - неприменимость;

"+ -" - определяется пользователем

Типы ПС

1 - операционные системы;

2 - ПС управления БД;

3 - сервисные программы;

4 - программы для научных исследований;

5 - прикладные программы для проектирования;

6 - прикладные программы управления технологическими процессами.

Существует ряд рекомендаций по применению показателей качества (см. таблицу 1.10) в зависимости от типа оцениваемого программного средства [6, 28], что отражено в таблице 1.10 на примере нескольких показателей качества. Показатели 1.1 и 1.2 являются составляющими комплексного показателя «Надежность», показатели 2.X – включены в группу «Сопровождаемость», свойства 3.X – входят в состав показателя «Удобство использования», а свойства 6.X – входят в состав показателя «Функциональность».

Следует отметить, что существующая номенклатура показателей качества (НПК) формировалась на момент публикации соответствующих ГОСТов и требует существенных изменений, исходя из требований современных информационных технологий. Однако, для рассматриваемой в настоящей работе задачи принципиален сам список показателей и технология обращения к этим данным на этапе оценки образа программного средства в ходе его сертификации. Кроме того, применительно к базам данных НПК должна включать, кроме комплексной эффективности программных средств, функциональную пригодность, как степень соответствия целям и заложенным разработчиками функциям. Подхарактеристики функциональной пригодности БД определяются структурными, функциональными и техническими требовани-

ями по аналогии с требованиями, существующими для типовых ПС, представленными в табл. 1.10.

На основании выше изложенного, введем следующие определения для «образа» и «признака» применительно к оценке качества.

Определение 1.1. Под *образом* программного средства будем понимать совокупность признаков, характеризующих его качество, параметры функционирования и определяющие его целевое предназначение.

Определение 1.2. Признак есть любое однозначное функциональное отображение, которое ставит в соответствие образу некоторые числовые значения, трактуемые, как свойства или характеристики рассматриваемого образа.

Следует отметить, что для большинства динамических моделей информационно-измерительных систем для признакового представления образов могут применяться ряд понятий, составляющих некоторый структурный каркас, который применительно к выбранному информационному пространству (условиям) решаемой задачи актуализируется конкретным содержанием. К таким понятиям можно отнести:

- *инвариантность* образа к возможным манипуляциям и промежуточным отображениям в подсистемах переработки информации;
- *робастность*, как устойчивость образа к возможным искажениям (случайным или преднамеренным);
- *информативность*, как содержательную нагрузку понятия «качества информации», которая включает такие свойства информации, как избирательность, например, в ходе экспертного оценивания образов, кумулятивность – способность по наблюдаемым образам формировать управляющие решения и др.

1.4 Принципы разработки и организации функционирования информационного обеспечения метрологических центров для проведения поверочной деятельности. Постановка задачи исследования

Основной целью испытаний, проводимых в ходе сертификации программных средств, является повышение вероятности того, что программный продукт при любых условиях будет функционировать надлежащим образом и соответствовать установленным требованиям [82].

Развитие современного общества характеризуется постоянным ростом информационных технологий и систем. К основным тенденциям рынка IT-технологий можно отнести следующее:

- рост числа мобильных информационно-измерительных устройств и поддерживающих их программных средств;
- рост технологий на основе процедур искусственного интеллекта;
- появление новых типов данных, методов их преобразования, обработки и передачи, а также самих каналов передачи информации;
- рост инвестиций в системы информационной безопасности, реализация методов поведенческого анализа, методов цифрового сканирования пользователей в целях совершенствования их аутентификации;
- расширение серверного обслуживания организаций, реализованного на основе облачных технологий.

Особенность баз данных ИС в области метрологии, стандартизации и сертификации заключается в том, что они содержат библиографические, фактографические и полнотекстовые данные, являются политематическими. Для их описания выбраны реляционные, объектно-ориентированные и гипертекстовые информационные модели. Структура ИС, например, в системе Росстандарта имеет распределенный характер, в рамках данной структуры имеется центральный узел обработки информации и группа локальных (региональных или базовых) узлов, где решаются задачи администрирования и мониторинга функционирования корпоративных сетей и отраслевых АИС.

На рис. 1.15 представлена модель проведения испытаний в ходе сертификации ПС, построенная с учетом требований ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 [9], а также программы испытаний, разрабатываемой на этапе подготовки к сертификации конкретного образца программного продукта, в которой учтены требования к качеству и последовательность этапов испытаний.

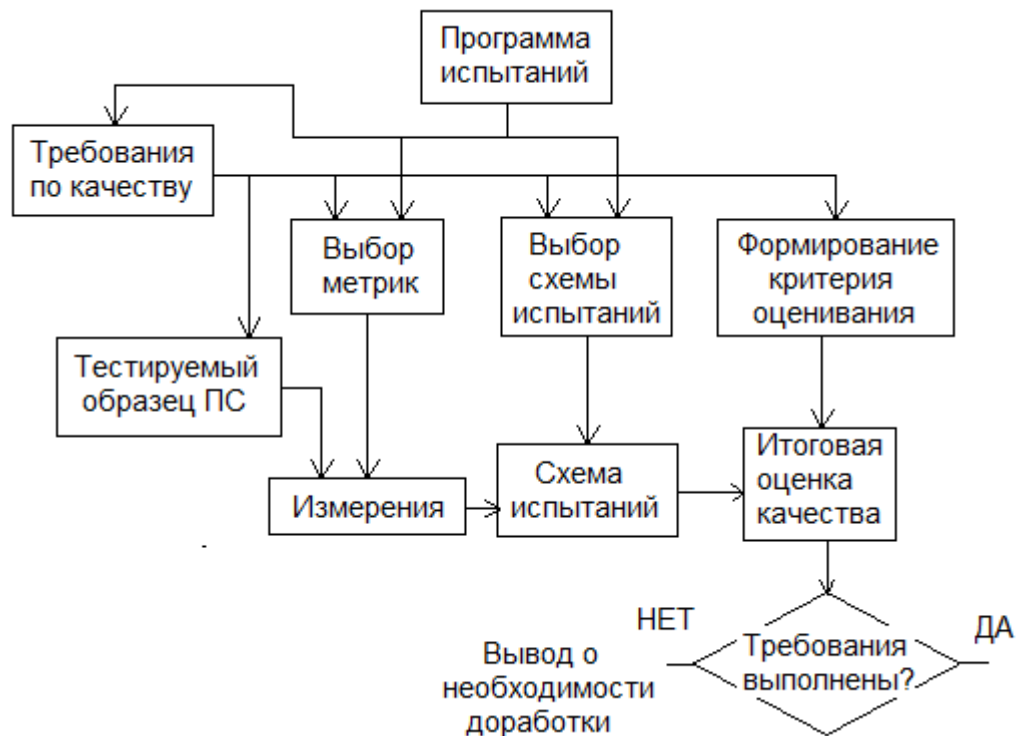


Рис. 1.15 – Структура модели проведения испытаний в ходе сертификации программных средств

Последовательность этапов определяется перечнем необходимых проверок и их технологией, возможностью данной испытательной лаборатории проводить испытания составляющих программного продукта, а также одновременные исследования по ряду характеристик качества и т.д.

Представим объект испытания и сертификации (программное средство) в виде кортежа из четырех множеств, образующих некоторую систему S :

$$S = \langle T^{ПС}, X, W, Q \rangle, \quad (1.2)$$

где $T^{ПС} = \{T_1^{ПС}, T_2^{ПС}, \dots, T_h^{ПС}\}$ – типов программных средств (прикладные ПС, ПС обслуживания, операционные системы – см. таблицу 1.10);

$X = \{x_1, \dots, x_m\}$ – множество состояний объекта; $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ – множество признаков (показателей качества ПС); $Q = \{q_1, \dots, q_n\}$ – множество правил отображения состояний в признаки, т.е. $Q: X \rightarrow 2^W$, где 2^W – число возможных подмножеств множества признаков W [35]. С другой стороны, значение признака w_i определяется контролируемыми параметрами y_i , т.е. существует функциональная зависимость $w_i = \varphi(y_i)$, которая отражает множество вещественных значений числовой оси во множество значений признаков качества. Иногда для описания характеристик признаков используют кортеж $\langle N_i, w_{N_i} \rangle$, где N_i – имя признака i , а w_{N_i} – значение признака в заданной шкале измерений.

В зависимости от количественного или качественного описания признаков, можно записать:

$$w_i = \varphi(y_i) \in [y_{i_n}, y_{i_k}] \text{ или } w_i = \varphi(y_i) \in [\tilde{y}_{i_n}, \tilde{y}_{i_k}], \quad (1.3)$$

где y_{i_n} и y_{i_k} – соответственно нижняя и верхняя границы интервала значений признака для вещественных чисел, со знаком тильды – для нечеткого описания.

Для состояний X системы S формируется множество идентификационных признаков:

$$I_{\Pi} = \{I_{\Pi 1}, I_{\Pi 2}, \dots, I_{\Pi m}\}, \quad I_{\Pi i}, i = \overline{1, m}, \quad (1.4)$$

где $I_{\Pi i}$ – признаки для i -го ($i = \overline{1, m}$) состояния системы S , причем число состояний в рассматриваемой задаче невелико, например: 1) испытуемое ПС полностью соответствует заявленным требованиям и успешно прошло испытания; 2) испытуемое ПС требует доработки для получения заявленного заказчиком уровня сертификата; 3) испытуемое ПС не удовлетворяет некоторым второстепенным показателям качества и может быть сертифицировано для ограниченного использования – для менее ответственных задач (по желанию заказчика) и т.д. Для типового случая – это первые два состояния, когда принимается решения о выдаче или невыдаче сертификата соответствия.

Идентификационные признаки $I_{\Pi i}$ из (1.4) характеризуют факт присутствия конкретного показателя качества (признака) в i -ом состоянии, что зададим с помощью булева вектора $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, представляющего собой набор чисел, каждое из которых принимает значение «1», когда признак (показатель качества) выполняется и попадает в обработку, или значение «0» – в противном случае, т.е.

$$I_{\Pi i} : w_i \bigwedge_{j=\overline{1,n}} (b_{i1}, \dots, b_{ij}, \dots, b_{in}), \quad w_i = \{w_{ij}\}, \quad (1.5)$$

где w_{ij} и b_{ij} , $j = \overline{1,n}$ – соответственно, совокупности признаков качества и булевы значения для i -го состояния. Выражение (1.5) позволяет формировать набор признаков, соответствующий заданному объекту испытания или тестирования.

Таким образом, будем идентифицировать систему S матрицей идентификации, для чего введем определение.

Определение 1.3. Матрица идентификации признаков $M_{\text{ид}}^h$ размера $[m \times n]$, формируемая для каждого ПС типа h из множества $T^{\text{ПС}}$ (1.2), есть матрица, у которой строками являются идентификационные признаки (1.5), а число строк определяется числом состояний системы.

Представим набор признаков, соответствующих определенному типу программного средства в виде эталонного вектора v^9 размера $[1 \times n]$, представленного на рис. 1.16 в координатах «значение признака» $\times$ «номер признака».

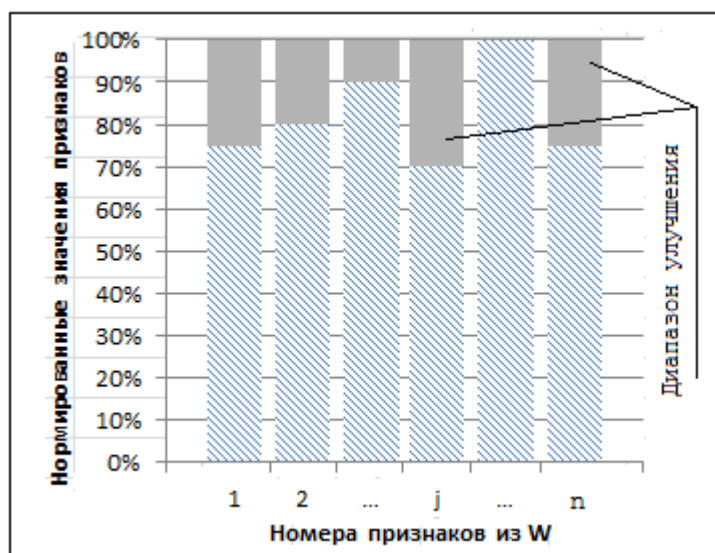


Рис. 1.16 – Составляющие вектора эталонных признаков

Определение 1.4. Эталонным вектором v^j будем называть вектор, элементами которого являются нормированные значения оцениваемых в ходе испытаний показателей качества, соответствующих требуемому уровню j -го признака, что для ПС типа $\mu \in \overline{1, h}$ для всех n признаков принимает вид:

$$v_{\mu}^j = \{v_{\mu j}^j\}, j \in \overline{1, n} \text{ или } v_{\mu}^j = \{v_{\mu 1}^j, \dots, v_{\mu j}^j, \dots, v_{\mu n}^j\}^T, \quad (1.6)$$

где $v_{\mu j}^j$ – требуемый (эталонный) уровень j -го признака, а «Т» – знак транспонирования вектора.

Уровень возможного совершенствования ПС можно обеспечивать за счет существующих потенциальных возможностей ряда признаков, что на рис. 1.16 отмечено, как «диапазон улучшения».

В результате проведенных сертификационных испытаний формируется вектор результатов измерений признаков (показателей качества) – v'' , индекс типа ПС можно опустить, подразумевая, что подобная процедура справедлива для каждого типа $\mu \in \overline{1, h}$ исследуемых программных средств. Составляющие вектора v'' имеют вид, аналогичный выражению (1.6).

На рис. 1.17 представим одновременно с составляющими эталонного вектора признаков также результаты измеренных признаков (выделены

утолщенными уровнями), показаны примеры абсолютных значений признаков: для измеренного 1-го признака – v_1^u и эталонного n -го признака – $v_n^э$.

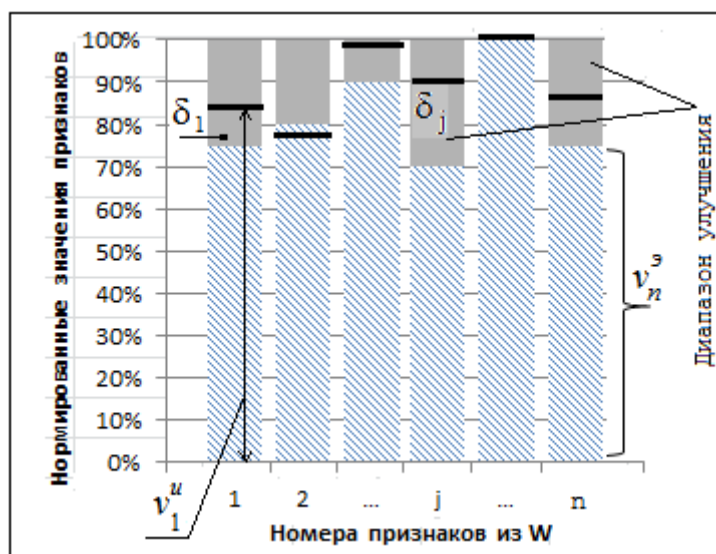


Рис. 1.17 – Соотношение эталонного вектора и измеренного вектора признаков

Введем понятие абсолютного отклонения фактического (измеренного) значения признака от его эталонного (требуемого) значения.

Определение 1.5. Под абсолютным отклонением значений признаков будем понимать вектор δ размера $[1 \times n]$ следующего вида:

$$\delta = \{(v_1^u - v_1^э), \dots, (v_j^u - v_j^э), \dots, (v_n^u - v_n^э)\}^T, \quad (1.7)$$

причем физически превышение измеренного значения признака v^u над фактическим – $v^э$ соответствует высказыванию, что «оцениваемый объект испытаний обладает уровнем качеством не хуже требуемого».

Формально задачу исследования можно представить, как задачу формирования паспорта (образа) качества программного средства по результатам проведенных испытаний в ходе сертификации программных продуктов.

Дано: множество объектов испытаний в виде системы $S = \langle T^{ПС}, X, W, Q \rangle$, объединяющей множества: $T^{ПС}$ – типов программных средств, множество состояний объектов – X , множество признаков (показа-

телей качества ПС) – W и множество Q – правил отображения состояний в признаки.

Формирование идентификационного вектора отклонения $\delta_j^{\text{ид}}$, каждая j -я координата которого определяется, как разница соответствующих признаков по (1.7), образуя в итоге вектор $\delta_j^{\text{ид}}$ в виде набора единиц и нулей:

$$\delta_j^{\text{ид}} = \begin{cases} (v_j^{\text{и}} - v_j^{\text{э}}) \geq 0, & \text{то } 1 \\ (v_j^{\text{и}} - v_j^{\text{э}}) < 0, & \text{то } 0 \end{cases} \quad (1.8)$$

Требуется обеспечить максимальный уровень идентификационного вектора отклонения $\delta_j^{\text{ид}}$:

$$\delta^{\text{ид}} \rightarrow \left\{ \max \sum_{j=1}^m \delta_j^{\text{ид}} \right\}, \quad j = \overline{1, m} \quad (1.9)$$

при ограничениях: $v_j^{\text{и}} \geq v_j^{\text{э}}$ для всех признаков, свойственных анализируемому типу программных средств.

Решение данной задачи предполагает необходимость решения ряда прикладных задач:

- 1) представление и анализ факторов качества программных средств;
- 2) анализ образов типов программных продуктов в системе «образы-признаки»;
- 3) разработка концептуальной схемы решения задачи оценки качества программных средств при проведении сертификационных испытаний;
- 4) построение модели анализа факторов влияния на качество программных продуктов на основе когнитивного подхода;
- 5) построение модели формирования базы данных, как совокупности образов результатов сертификационных испытаний;
- 6) разработка модельно-алгоритмических процедур и форм по обработке, представлению и отображению результатов экспериментов предлагаемых моделей информационных процессов.

1.5 Выводы по главе

В результате проведенного анализа организационных структур и решаемых задач испытательными центрами и лабораториями в ходе осуществления метрологической деятельности отмечается возросшая роль в жизненном цикле программной продукции, возлагаемая на процессы сертификации программных средств.

Как правило, оценивание программных средств сопряжено с большим числом оцениваемых признаков, определяющих качество программных продуктов, что осложняет одновременное обеспечение полноты и однозначности решения задачи оценивания ПС по результатам сертификационных испытаний.

Образное представление объектов испытаний позволяет автоматизировать и упростить фазы экспертного анализа в ходе выработки решения о качестве программного средства, за счет оценки состояний ПС путем категорирования и выявления класса (классов) программ, которые возможно использовать в системах с пониженными требованиями к отдельным показателям качества.

Формирование баз данных для регистрации результатов поверочной деятельности испытательных лабораторий в ходе тестирования и контроля работоспособности программных средств должно проводиться на основе многомерных моделей, обеспечивающих высокое быстродействие в ходе информационного обмена и удобный интерфейс для ввода-вывода информации.

Показана необходимость комплексного решения вопросов развития методов информационного анализа и поддержки качества разработки и применения программных средств с вопросами обеспечения представления и хранения результатов испытаний в базах данных.

Таким образом, задача исследования заключается в разработке научно-методического обеспечения для совершенствования организации функционирования информационно-измерительных комплексов в составе испыта-

тельных лабораторий в ходе сертификации программных средств и оказания услуг в области подтверждения соответствия на основе предлагаемых механизмов и методов представления информационных признаков и формирования баз данных.

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОРГАНИЗАЦИИ И СТРУКТУРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

В главе описан процесс функционирования информационной системы в ходе проведения испытаний программных средств на этапе их сертификации. Разработана концептуальная схема решения поставленной в диссертационном исследовании задачи в виде последовательности этапов. Разработан подход к формированию баз данных в составе испытательных центров (лабораторий) на основе реляционных моделей данных в форме гиперкубов. Предложена концептуальная модель построения технологических последовательностей управления качеством в ходе сертификации программной продукции на основе оценки многопризнаковых объектов. Разработана концептуальная модель контроля качества программных средств на основе статистического подхода к распознаванию образов.

2.1. Исследование организации функционирования испытательных лабораторий на этапах сертификации программных продуктов

Современная информационная эпоха, как историческая фаза эволюционного развития цивилизации, характеризуется значительным увеличением информации и информационных процессов в жизни общества, а также необходимостью выделения знаний из огромных информационных массивов [90].

На основании проведенной Росстандартом работы по формированию национальной системы сертификации и развитию испытательных лабораторий (ИЛ) [111] можно заключить, что основная цель сертификации – «это обеспечение соответствия продукции требованиям национальных стандартов». На современном этапе ИЛ характеризуются сложной информационно-измерительной структурой, включающей средства измерений, документально оформленные методы и методики выполнения измерений, квалифициро-

ванных измерителей-метрологов и условия, обеспечивающие процесс измерений, соответствующие штатной эксплуатации объектов испытаний [129].

Будем рассматривать распределенную информационную систему сертификации (РИСС) [45], как совокупность организационно-технических подразделений (ИЛ, региональных метрологических центров, соответствующих федеральных органов), комплексов аппаратно-программных средств, осуществляющих функции сертификации продукции в объеме и в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Остановимся на ИЛ, выполняющих испытания продукции, в частности, программных средств, в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [14].

«Испытательная лаборатория осуществляет научно-исследовательскую, организационно-методическую, экспертную, надзорную, сертификационную, техническую или другую деятельность, результатом которой является нахождение метрологических и технических характеристик качества продукции и услуг, параметров окружающей среды или определение их соответствия установленным требованиям» [85, 129]. Одной из функций испытательной лаборатории может выступать сертификационная деятельность.

Суть *процедуры сертификации* заключается в «подтверждении соответствия программных средств установленным требованиям, кроме того, процедура сертификации регламентируется действующими нормативными документами» (стандартами) [28].

Объектами аккредитации (процесса, гарантирующего компетентность ИЛ по проведению испытаний), с учетом рис. 1.1, являются [129]:

- 1) органы по сертификации по видам продукции и услуг;
- 2) испытательные лаборатории (по видам контролируемой продукции);
- 3) государственные научно-метрологические центры;
- 4) органы Государственной метрологической службы (ГМС);

5) метрологические службы федеральных органов исполнительной власти;

6) измерительные лаборатории и/или метрологические службы юридических лиц.

Сертификация программных продуктов (ПП) сводится к «испытаниям технологий создания программных продуктов» и сертификации самого ПП с полным «комплексом сопроводительной документации» [28], играющего роль методического обеспечения в процессе его практического применения. Следует отметить, что программный продукт может быть выполнен в виде отдельной программы или комплекса (пакета) программ, входить в виде отдельного модуля (решающего элемента) в состав измерительного устройства или быть отдельной подсистемой измерительного комплекса. Так, *программное обеспечение* (ПО) автоматизированных информационных систем – это «совокупность программ, предназначенных для реализации функций сбора, передачи, обработки, хранения, отображения и регистрации измерительной информации, а также программные модули, необходимые для функционирования этих программ» [22]. В большинстве источников термин «ПО» основывается на определениях ГОСТов и в который, помимо терминов «программы» и их «документации», могут входить этапы переработки информации, в ходе которых ПО применяется по назначению (см. таблицу 2.1).

Потенциально сертификация ПП осуществляется по двум направлениям [28], представленным на рис. 2.1:

а) программное обеспечение (так называемое, общее или стандартное), реализованное в составе:

- средств измерений в виде автономных или встроенных процедур;
- измерительных, управляющих и информационно-измерительных систем;
- систем автоматизации, мониторинга и контроля по видам объектов и технологических процессов;

- автоматизированных систем учета энергетических и природных ресурсов, экологического состояния окружающей среды, а также систем технико-информационной безопасности;

Таблица 2.1 – Дефиниции термина «Программное обеспечение»

№ п/п	Программное обеспечение это	Источник
1	Компьютерные программы, сопутствующая документация и данные, относящиеся к эксплуатации компьютерной системы	Гост Р 56569-2015, п. 3.16
2	Продукт интеллектуальной деятельности, включающий в себя программы, процедуры, данные, правила и ассоциированную информацию, имеющий отношение к работе системы обработки данных	ГОСТ Р МЭК 61508-4-2012, п.3.2.5
3	Последовательность инструкций в кодах для вычислительного средства, находящаяся в памяти вычислительного средства, представляющая описание алгоритма действий с данными	ГОСТ Р 53624-2009, п.3.6
4	Программы и программные модули, выполняющие функции сбора, передачи, обработки, хранения и представления измерительной информации, а также параметры, характеризующие тип средства измерений и внесенные в программное обеспечение [ГОСТ Р 8.654—2009]	ГОСТ Р 8.818-2013, п.3.4



Рис. 2.1. Потенциальные объекты сертификации ПП

б) прикладные программные средства (ППС), включающие:

- подготовку, редактирование текстовых документов и презентаций;
- проведение научных исследований (пакеты по моделированию, математическому анализу, графическому представлению, поддержки проведения экспериментов и т.д.);
- формирование и поддержания самостоятельных баз данных и знаний, а также в составе экспертных систем и систем принятия решений;
- обучающие системы и комплексы, как самостоятельные, так и пакеты для их разработки.

По данным РУССОФТ, рост рынка программного обеспечения в России продолжает сохранять положительную динамику роста с 2014 г. Это ежегодный прирост на 11-13%, и тенденция должна сохраниться по результатам 2017 г., что является хорошим индикатором для внутреннего рынка [153].

Повышение сложности программ, вызванное необходимостью автоматизации ряда технологических операций и процессов в РИСС, совершенствованием методов диагностирования технических систем, созданием единых государственных информационных систем и сред, информационных пространств клиентского взаимодействия в рамках электронной торговли, проведения тендеров [43], организацией новых подходов к автоматизации процессов управления, мониторинга и принятия решений, приводит к необходимости повышения их качества. Одним из способов повышения качества программных продуктов выступает сертификация [82].

В условиях существования обязательной и добровольной форм сертификации программного обеспечения следует отметить, что обязательная сертификация для программных продуктов выполняется для комплексов программ, применимых в авиации, космонавтике, атомной энергетике, в военных системах, в системах государственного управления, в финансовых и банковских системах. Сертификация в этих областях значительно снижает риск заказчика и повышает безопасность функционирования программных продуктов [15, 46, 82]. Применение добровольной сертификации ПП повы-

шает её конкурентоспособность и обоснованность ценообразования; позволяет систематизировать тенденции к постоянному улучшению качества продукции; снижает риски возможных претензий потребителей ПП и обеспечивает дополнительные условия для свободного перемещения товаров на рынке и повышения уровня доверия потребителей продукции. Одновременно повышается уровень информационной безопасности сертифицируемой продукции, что является неременным условием ряда методик [95, 96], применяемых при испытаниях в ходе сертификации ПП.

На рис. 2.2 представлена схема взаимодействия заявителя и органов по сертификации программных продуктов (на схеме показаны прямоугольниками). Овалами обозначена содержательная сторона организационного и информационного взаимодействия в соответствии с основными обязательными этапами процесса сертификации. В ходе испытаний программного обеспечения осуществляют проверку структуры ПО с учетом возможных преднамеренных и непреднамеренных воздействий на интерфейсы связи межмашинного или сетевого взаимодействия измерительных систем и распределенных баз данных [23, 80]. Отдельного рассмотрения заслуживают оценки влияния человеческого фактора в лице экспертов [45] при проведении исследований признаков (свойств) качества на этапе сертификационных испытаний, что следует рассматривать как дополнительный фактор возникновения неопределенности в распознавании образа объектов испытаний. В этом случае используют нечеткие переменные для описания состояний исследуемых объектов [35, 118, 131], а также соответствующие методы и алгоритмы.

Одним из стратегических подходов улучшения качества в ИЛ является использование следующих инструментов:

- причинно-следственный анализ по диаграммам Исикавы [133];
- автоматизация процессов управления технологиями испытаний и обработки измерительной информации по оцениванию качества ПП [50, 58, 84, 127, 130];
- проверка и подтверждение квалификации лаборатории [14, 22];

- применение систем менеджмента качества [25, 97];
- разработка и совершенствование методического аппарата в составе моделей, методов и алгоритмов испытаний [26, 76, 96, 100, 104, 115, 125].

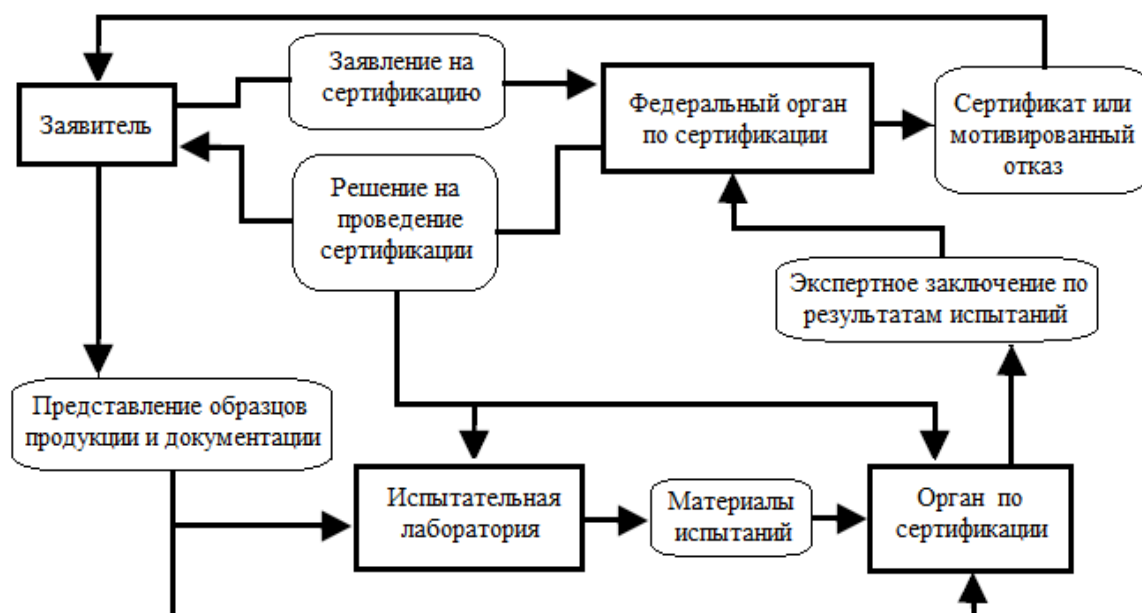


Рис. 2.2. Схема взаимодействия в ходе сертификации программных продуктов

Построение формализованной модели управления метрологической деятельностью позволяет не только проанализировать ее с целью оптимизации, но и выявить материальные и информационные потоки, выделить процессы, которые являются объектом управления в рамках системы менеджмента качества. Инструментом для анализа проблем метрологического обеспечения так же может являться диаграмма причин и результатов (диаграмма Исикавы) (рис. 2.3), которая используется для наглядного представления факторов, характеризующих понятие «качество» продукта или услуги.

Применительно к оценке качества ПП такими главными (доминирующими) причинами (факторами) выступают:

- человеческий фактор, проявляемый в количестве ошибок, вносимых операторами, программистами и другим обслуживающим персоналом, в квалификации сотрудников и их исполнительной дисциплине;

- методическое, техническое и программное обеспечение процесса испытаний;
- требования стандартов ИСО/МЭК и методик испытаний;
- ресурсы процессов оценки качества программных продуктов (ОКПП) в составе испытательных и измерительных комплексов, методических и информационных ресурсов испытательной базы;
- инфраструктура и среда, как аппаратно-программных средств испытательных лабораторий, так и информационно-коммуникационной среды на этапе штатной эксплуатации ПП (рис. 2.3).

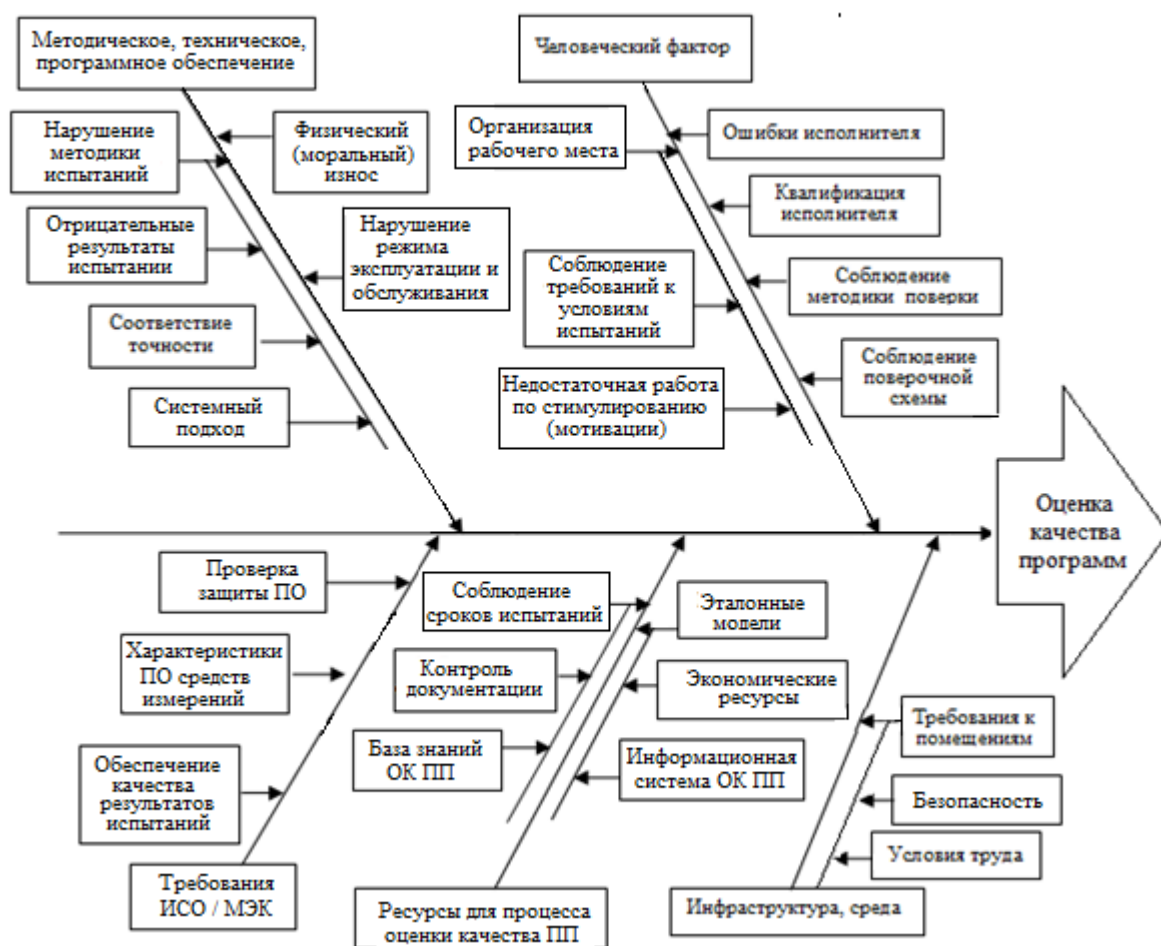


Рис. 2.3 – Структура причин и результатов при оценке качества ПП

Выявление средних и малых причин более низкого уровня

Преимуществом метода диаграмм Исикавы относительно других графических методов является то, что он позволяет выстраивать причины про-

явления тех или иных факторов, положительно или отрицательно влияющих на отдельные свойства качества программной продукции.

Таким образом, организационная составляющая процесса повышения качества программных продуктов лежит в основе технологических процессов в ходе проведения испытаний и тестирования программных средств на этапах их сертификации в специально аккредитованных испытательных лабораториях.

На основании выше изложенного, а также материала главы 1, опишем основные шаги методики научной задачи, решаемой в настоящей работе.

1. Анализ объекта испытания, поступившего на экспертизу, выявление требуемых показателей (в том числе и со специальными запросами заказчика) и формирование образа объекта.

2. Соотнесение запрашиваемых показателей с требованиями нормативной документации, формирование «требуемого образа» и составление программы необходимых испытаний.

3. Оценка признаков показателей качества (ПК) состояния ПС по существующим методикам и формирования идентификационного вектора отклонения $\delta_j^{\text{ид}}$.

4. Ранжирование ПК и их сортировка на основании метода статистического распознавания образов (состояний) системы.

5. Подготовка заключения по результатам проведенных испытаний.

6. Подготовка данных о результатах проведенных сертификационных испытаний, примененных методах оценивания, тестирования программных средств, выданной разрешительной документации, их регистрация и занесение в базу данных.

Схематическое решение отмеченных шагов представим в виде структуры, показанной на рис. 2.4. Концептуальность данной схемы основывается на стремлении к систематизации и структуризации знаний в области оценки качества программной продукции путем анализа существующих закономер-

ностей за счет построения модели управления процессом контроля качества в ходе сертификационных испытаний программных средств. Для этого необходимо: выявление основных факторов, влияющих на процесс управления, причинно-следственных связей между ними; формирование терминологического словаря и установление семантических отношений между целевыми понятиями; построение взаимосвязанных концептуальных моделей исследуемой предметной области контроля и обеспечения качества программных продуктов.

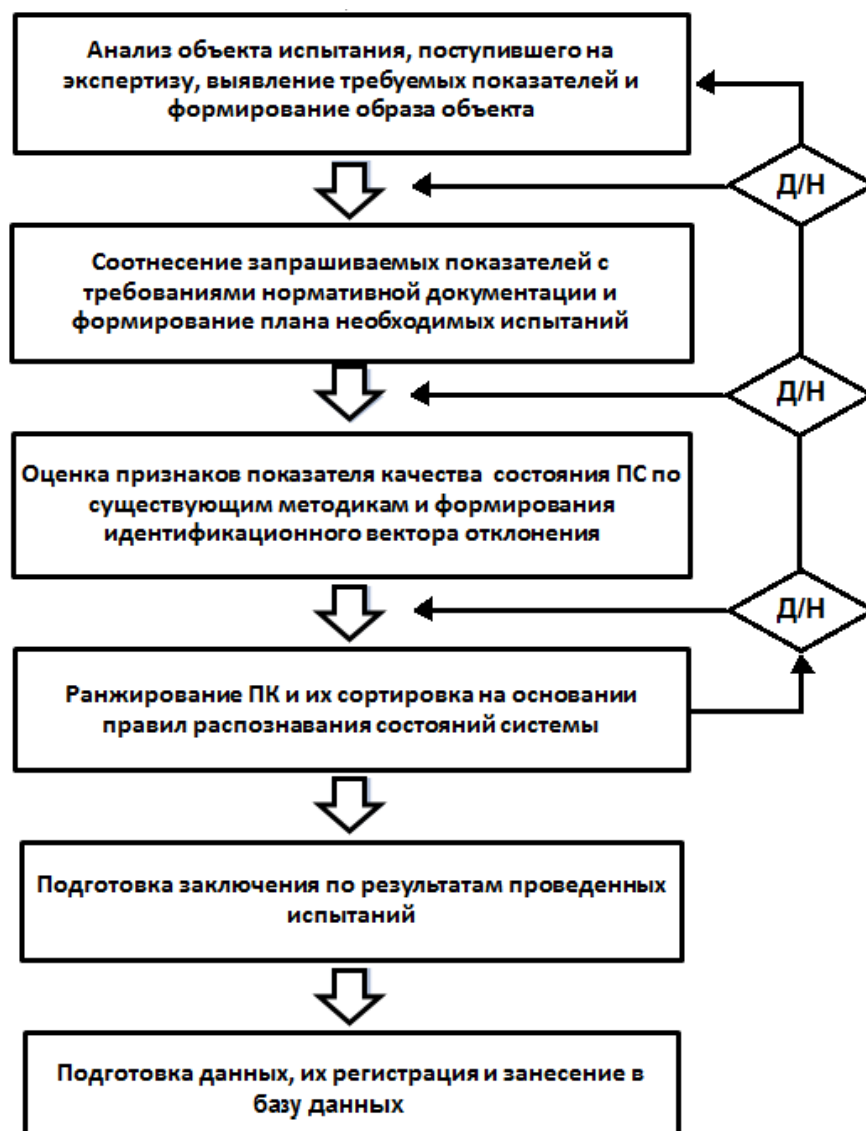


Рис. 2.4 – Концептуальная схема исследований

Концептуальная схема лежит в основе разрабатываемой *концептуальной модели*, представляющей собой содержательное представление о суще-

ственных свойствах объекта и структурно-информационных связях между ними [64]. При всей своей начальной грубости и неточности данная модель позволяет получить общее представление об исследуемой области, соотнести части процесса, используя информационные модели в форме, удобной представления исследовательской задачи.

Данная схема показывает последовательность этапов исследования, однако по завершению каждого из этапов возможен откат к любому из этапов для обеспечения оптимального или рационального результата.

2.2. Разработка подхода к структурированию информационных баз данных результатов сертификационной деятельности

Несмотря на сложности в экономике, обусловленные рядом причин, рынок информационных, компьютерных, телекоммуникационных технологий продолжает тенденцию роста, чему способствует развитие коммуникационной инфраструктуры, систем распространения и использования информационных ресурсов и программных средств [132]. Успехи технологий виртуального пространства (AR/VR –технологии), performance – технологий с учетом социальной направленности пользователей сети Интернет, развитие рекламных технологий на базе programmatic – технологий, технологий машинного обучения и многие другие направления, в том числе и на базе облачных сервисов [43], требуют существенных изменений, как программных продуктов, так и аппаратных средств.

На фоне коммерциализации Интернет-пространства активно развивается архитектура открытых систем. На базе этой архитектуры разрабатываются правительственные профили по федеральным органам исполнительной власти и службам, а также обеспечивающих их систем, с большим разнообразием протоколов обмена данными, прикладных программ, функционирующих в едином информационном пространстве, в том числе и в рамках Федеральной целевой программы «Электронная Россия» [86]. Указанные особенности ак-

центрируют необходимость обеспечения совместимости программных средств (ПС) различных производителей. Под *совместимостью* здесь будем понимать способность программных продуктов к информационному обмену между собой (или между отдельными своими компонентами) [24].

Контроль качества готового программного продукта осуществляется в ходе сертификационных испытаний [28], которые «проводятся силами испытательных лабораторий, каждая из которых аккредитована на проведение определенных типов испытаний, предусмотренных нормативными документами».

Причинами, снижающими качество программных продуктов, часто выступают [82]:

- устаревшие технологии разработки и производства как отдельных программ, так и их комплексов;
- аналогично относительно встроенных средств информационной безопасности и пользовательского интерфейса;
- завышенные заявленные функциональные характеристики разрабатываемых ПС, относительно реально имеющих место;
- несоответствие требованиям стандартов, влекущее за собой невозможность взаимодействия, совершенствования и развития систем;
- предлагаемые алгоритмы переработки информации не предусматривают возможности их модификации, совершенствования, поэтому становятся основной причиной сокращения жизненного цикла ПС, так как не обеспечивают своевременное представление полной, достоверной, актуальной и конфиденциальной информации для функционального использования. Это позволяет сделать вывод о низком *качестве* функционирования программных продуктов.

При этом *качество функционирования* программного продукта (ПП) неразрывно с понятием качества функционирования информационной системы (на примере компьютерной системы) как совокупности свойств качества системы/программного продукта, включая функциональную пригодность,

уровень производительности, совместимость, удобство пользования, надежность, защищенность, сопровождаемость и переносимость (мобильность) [24]. Процесс функционирования информационной системы регулируется определенными нормами, стандартами и соответствует целевому предназначению надсистемы [28, 87].

На рис. 2.5 испытательная лаборатория представлена в виде организационного объединения отдельных испытательных участков, включающих оборудование, документацию, общие методики испытаний, а также персонал (специалисты, эксперты, технологи), формируемый для испытания определенных видов программной продукции.

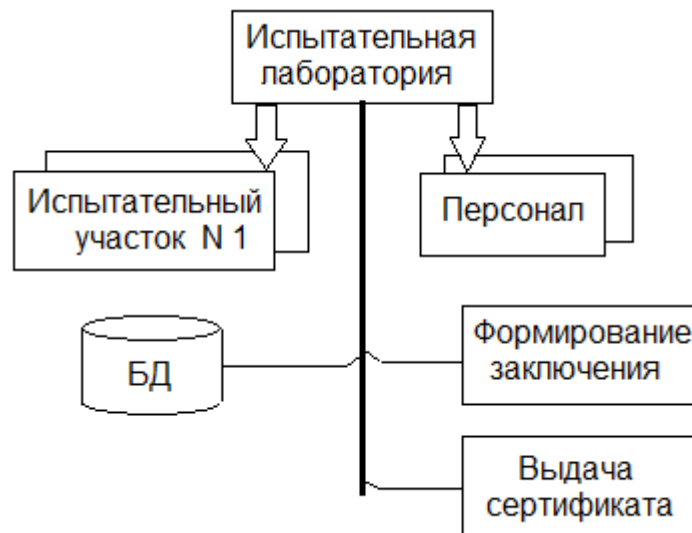


Рис. 2.5 – Общая структура взаимодействия в ходе сертификации

База данных (БД) представляет собой совокупность данных, организованных согласно выбранной концептуальной структуре, описывающей характеристики данных и отношения между информационными объектами в соответствии с ее предметной областью [ГОСТ Р 61082-1-2014]. Применительно к задачам, решаемым в ИЛ, базы данных используется в контурах технологического и информационного обеспечения испытаний на этапах их подготовки, проведения, записи результатов и регистрации итоговых документов.

Важным этапом предварительной обработки содержательной информации является ее структурирование, т.е. организация логического построения информационных массивов и отдельных данных для решения целевых задач на этапах манипулирования, а также представление данных в определенной форме и формате. Результаты испытаний образцов программных средств, первоначально группируются в неструктурированной форме, когда текст, цифровые данные существуют в неупорядоченном виде в ходе сбора данных от различных источников, этапов проверки (тестирования), или в случае, когда необходима переработка существующих систем управления базами данных, которые первоначально использовались для поиска и хранения только текстовых файлов [138].

Формирование подобных информационных структур требует организации взаимосвязей между рядом показателей, часть из которых имеет цифровую форму представления, часть – качественное представление, а также в виде нечетких лингвистических переменных. При таком многообразии входных данных, уместно говорить о семантическом образе объекта или явления, когда возможны описания свойств объекта на естественном языке [124], когда в обработку могут попасть данные в формате изображений, видео- или аудиофайлы и т.д.

Государственная метрологическая служба России (ГМС) представляет собой территориально-распределенную информационную систему, в составе которой функционируют испытательные лаборатории, ряд из которых осуществляет сертификационную деятельность по видам программной продукции.

Результаты проведенных испытаний образцов ПП фиксируются в общей базе данных, где отображается номер сертификата, наименование продукта, которому он соответствует, разработчик данного программного продукта, основные характеристики ПП, а также параметры (характеристики качества), которые были зафиксированы в результате испытаний.

Анализ ряда территориально распределенных систем сбора данных показывает, что зачастую первичные измерительные данные в силу множества причин, могут иметь пропуски, т.е. характеризуются неполнотой данных [45, 60]. При этом *данные* будем рассматривать, как продукт информационных систем, в ходе сбора, поиска, преобразования, накопления, хранения и других действий над данными [10]. Применительно к системам измерений, участвующим в процессе испытаний ПП *данные* – есть результаты измерений или результаты обработки измерительной информации [22].

Одним из направлений представления слабоструктурированной информации выступают модели представления данных на основе разреженных гиперкубов [29, 60, 124, 150]. При этом оси гиперкуба являются параметрами, а ячейки – агрегированными данными. Гиперкубическое (многомерное) представление данных является основой технологий оперативной аналитической обработки данных *OLAP* (On-Line Analytical Processing) и интеллектуального анализа данных (Data Mining – технологии выявления скрытых взаимосвязей внутри больших баз данных), используя алгоритмы регрессионного анализа, кластеризации, прогнозирования и др. *OLAP*-концепция продолжает активно развиваться на протяжении последних десятилетий, когда появились их разновидности: *MOLAP* (для баз данных с многомерной структурой данных), *ROLAP* (с реляционной структурой) и *HOLAP* (с гибридной структурой) [147].

В *MOLAP*-системах за счет древовидной структуры, индексирования координат ячейки хранения, которая сама, являясь вектором, может быть представлена отдельным массивом, за счет чего обеспечивается большее быстродействие на этапе выполнения информационных запросов [52, 53, 60, 98]. *ROLAP*-системы более наглядны для пользователей по представлению данных (в виде таблиц), поэтому лучше востребованы на практике. При этом по мере заполнения базы данных *ROLAP* -системы уступают по быстродействию *MOLAP*-системам.

Гиперкуб представляет собой многомерную логическую модель данных в виде упорядоченного набора ячеек (см. рис. 2.6), каждая из которых содержит одно измерение или результаты измерения по одному объекту (явлению). Таким образом, *измерение* образует одну из граней гиперкуба. На рис. 2.6 представлен трехмерный гиперкуб. Любой элемент измерения представляет собой координату по данному измерению, а совокупность таких координат образует кортеж, который идентифицирует ячейку гиперкуба H_{ijk} с координатами (d_{1i}, d_{2j}, d_{3k}) для трехмерного куба [98], при этом общему числу изменений соответствует множество $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$. Таким образом, n будет задавать размерность гиперкуба.

С ячейкой ассоциируются m показателей качества (ПК), характеризующих результаты испытания ПП, проведенные в конкретном испытательном центре или лаборатории, т.е. совокупность ПК представляется, как $(v_1, v_2, \dots, v_m)$.

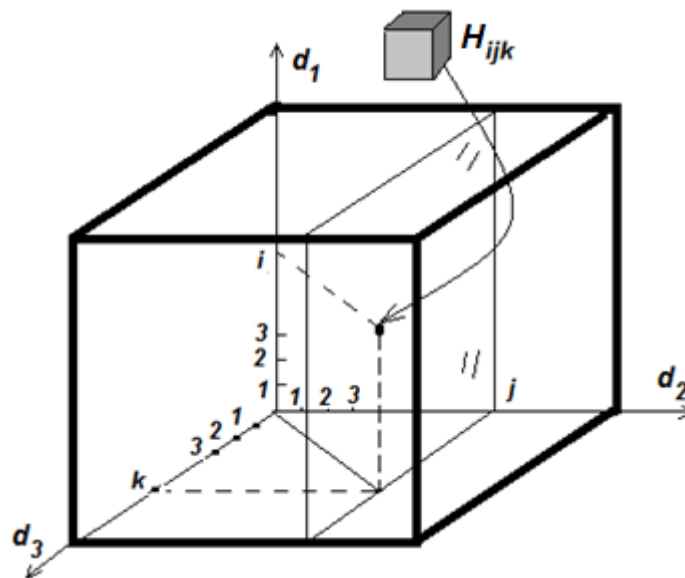


Рис. 2.6 – Гиперкуб результатов данных испытаний

Под *срезом* гиперкуба будем понимать плоскость $Sr_j, j \in d_2$, составленную из ячеек, или ее элементы, когда фиксируются значения мер хотя бы по двум измерениям, параллельную плоскости $d_1 0 d_3$, образованной

осями d_1 и d_3 , где 0 – начало системы координат. *Меры* – это числовые значения, позволяющие создавать срезы, выполнять операции вращения, свертки, агрегирования.

«Вращение» предполагает за счет последовательной фиксации меток построение соответствующих срезов, что обеспечивает более комфортное восприятие информации. Иерархичность многих понятий, например, понятие «Время», включает уровни «Год» – «Квартал» – «Месяц» – «День», обеспечивая операцию «Свертки».

Требования к структуре данных определяются их типом и принятой моделью данных, отражены в стандартах ИСО 8000, опираются на словарь данных и соответствующий формальный синтаксис. Однако для разработки БД для определенной предметной области целесообразно при формировании информационного поля понятий (П) и терминов (Т) предусматривать переход от словарного подхода к взаимодействию отдельных понятий к их таксономии, основываясь на произвольных связях и отношениях между понятиями. Следующей ступенькой развития будет являться строгая спецификация связей и отношений между П и Т, имеющих онтологический характер, что позволяет утверждать о гибридизации (слиянии) понятий баз данных и баз знаний (рис. 2.7), за счет роста семантической составляющей в представляемой информации.



Рис. 2.7 – Рост семантической составляющей в базе данных

Рост семантической составляющей расширяет возможности моделей РБД [66], ER-моделей («сущность» – «отношение») за счет больших возможностей семантических отношений и логики их построения, агрегирования связей и мета-свойств самих отношений. Немаловажным фактором преимуществ применения семантических связей в базах данных выражается в упрощении форм составления запросов для пользователя, а также в повышении быстродействия выполнения полученных запросов.

Для формирования базы данных, представления связей между отдельными сущностями вводят понятие отношения, которые традиционно представляются в виде таблиц, где строки – сущности, а столбцы – атрибуты или измерения (оси гиперкуба). Множество отношений и, соответственно определенное на них множество атрибутов запишем в виде:

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_l\}, A = \{A_1, A_2, \dots, A_g\}, \quad (2.1)$$

где g – количество атрибутов, а l – количество отношений или мощность множества отношений R [63].

При этом атрибут представляет собой пару $A_i = (name(A_i) : dom(A_i))$, включающую имя атрибута и домен атрибута, как множество допустимых его значений. Так для домен справедливо: $dom(\text{День}) = \{\text{пн, вт, ср, чт, пт, сб, вс}\}$.

Измерения (координаты) представляют собой совокупность данных, например, испытательная лаборатория (ИЛ), ДАТА (дата проведения испытаний), ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ (ПП) (объект испытания), требуемая оперативная память (ТОП) для функционального применения ПП и т.д. По запросу можно получить аналитику: сколько в ИЛ №01084 в 2016 г. сертифицировано ПП «Аист» и значения ТОП для каждого программного продукта.

Структура реляционной БД представляет собой совокупность табличных данных со взаимосвязями, обеспечивающими соответствующие

отношения между атрибутами, типовыми структурами являются «звезда», «снежинка» и др. Пример фрагмента структуры представлен на рис. 2.8.

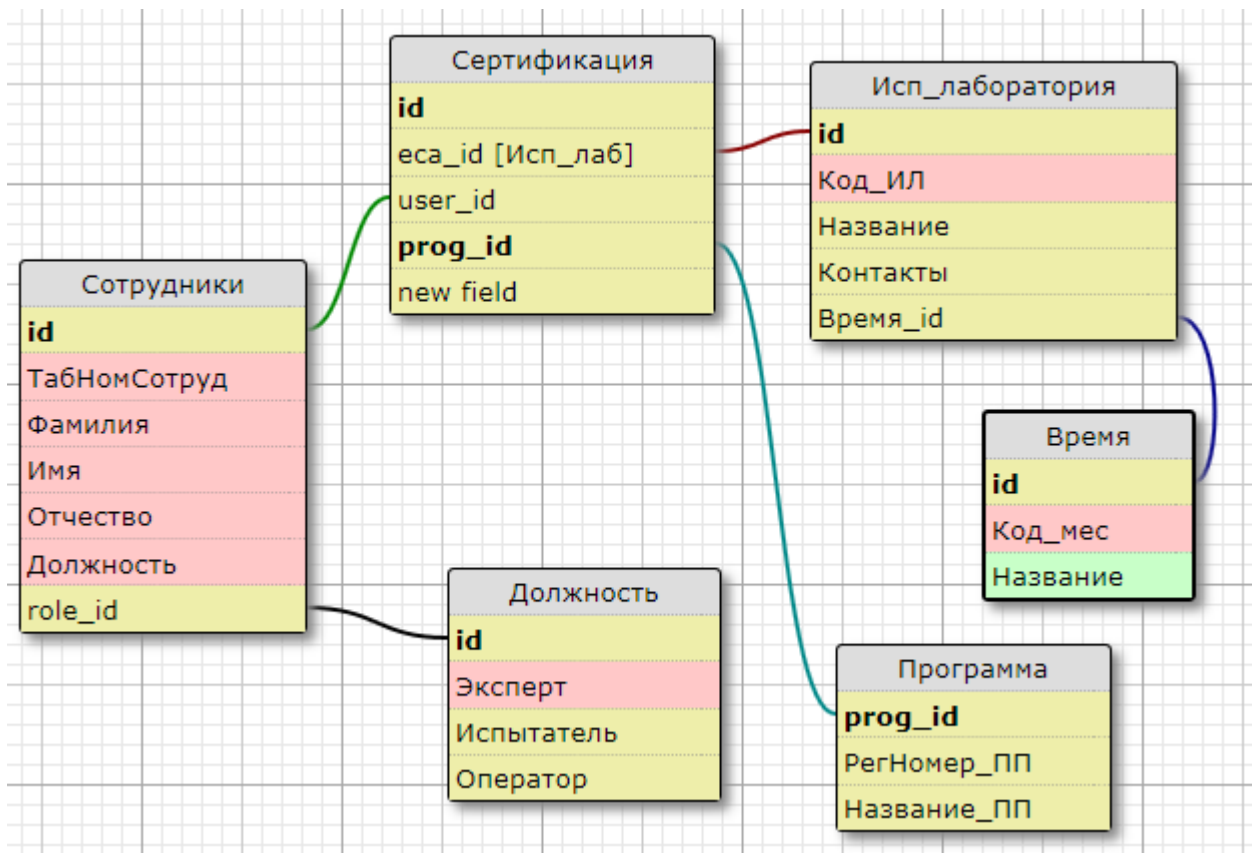


Рис. 2.8 – Фрагмент схемы реляционной базы данных

Фрагмент структуризации информационной модели данных содержит следующие сущности:

- 1) «программа» – для хранения кода и названия программного продукта;
- 2) «испытательная лаборатория» – для хранения кода ИЛ, названия, контактной информации (адрес, телефон и др.), время проведения сертификационных испытаний;
- 3) «время» – для записи кода и наименования месяца (даты);
- 4) «сотрудники» – для записи табельного номера сотрудника, Ф.И.О., должности;
- 5) «должность» – для хранения списка должностей;

б) «сертификация» – для установления информационных связей между сущностями.

В таблице 2.2 представлены примеры идентификаторов атрибутов, которые применимы для составления отношений, исходя из технологических особенностей формирования запросов, представлены на рис. 2.8.

Испытательная лаборатория = $R_1(A_1, A_2, A_3)$; Персонал = $R_2(A_4, A_8, A_9, A_{10})$;

Программный продукт = $R_3(A_5, A_6, A_7)$; Карточка ПП = $R_4(A_5, A_6, A_{11})$;

Характеристики качества ПП = $R_5(A_5, A_{12}, A_{13}, A_{14})$.

Таблица 2.2 – Примеры идентификации атрибутов базы данных

Идентификатор атрибута	Имя атрибута	Идентификатор атрибута	Имя атрибута
A ₁	Код ИЛ	A ₈	ФамИмяОтч
A ₂	Название ИЛ	A ₉	Должность
A ₃	Контакты ИЛ	A ₁₀	Смена
A ₄	ТабНомерСотрудник	A ₁₁	ХарКачества
A ₅	РегНомерПП	A ₁₂	ХарЗащиты
A ₆	Назв_ПП	A ₁₃	ХарУнивер
A ₇	Автор_Разработчик	A ₁₄	ХарФункц

На основании данных отношений можно проанализировать, например, штатный состав ИЛ, какие ПП проходят контроль в ИЛ определенного региона и т.д.

В таблице 2.3 показаны основные разделы итогового протокола о проведенных испытаниях составляемого на основе существующих ГОСТов [7, 14], где также отражаются дополнительные проверки, проводимые по требованиям заказчика, например, связанные с контролем средств защиты информации (СЗИ), реализованным в тестируемом ПП.

Таблица 2.3 – Пример протокола результатов испытаний

Измерения				Результаты	
Дата испытания	Наименование, адрес ИЛ	Протокол испытания	Заказчик	Показатели	Значения
20.05.2015	Лаб.ххх ФГУП «ННИИС», г.Новгород	Пр. № хх.х от хх.хх. хххх г.	ООО «Этап», г. Псков	Количество Тестов	10
				Замечания	Нет
				Выдан сертификат	№ хх.ххх
				Дополнительно проведено	Контроль СЗИ

Обращение к OLAP-системам позволяет исследовать информационные массивы большего объема, интегрировать данные различных информационных систем, решать задачи прогнозирования отдельных показателей и объектов исследования по комплексу показателей.

2.3. Разработка концептуальной модели построения технологических последовательностей управления качеством в ходе сертификации программной продукции

Мультимножества используются для представления моделей объектов, особенностями которых являются множественность и повторяемость данных. Особенностью существующих показателей качества является то, что они описываются как качественными, так и количественными признаками, с табличной формой представления данных, например, объект – признак. Табличное представление данных в виде строк (кортежей) и столбцов (атрибутов) совместно с операциями объединения, пересечения, проекции, соединения, сечения и др. составляют понятие реляционных баз данных (РБД). Известно, что табличное представление данных, при своей безусловной наглядности, некомпактно, способ полного перебора в ней малоэффективен [48]. В современных РБД табличное представление – это только внешнее представление, удобное для восприятия, построение схем анализа, когда как внутренняя реа-

лизация практически может быть иной. Большей компактностью обладает древовидная структура представления данных.

Учитывая представление множества программных средств в форме кортежа (1.2), можно конкретизировать, в постановочном плане, для i -го ПС следующую совокупность элементов:

$$S_i = \langle T_{\mu}^{ПС}, x_v, W_i, q_v \rangle, \quad \mu = \overline{1, h}; v = \overline{1, m}; \nu = \overline{1, n}; W_i \subset W, \quad (2.2)$$

представляющих соответствующие множества типов программных средств – $T^{ПС}$, их состояний – X , набора признаков из общего множества признаков W и определенного отображения q_v , обеспечивающего переход на соответствующую строку для состояния x_v в таблице признаков, что показано на рис. 2.9. Заштрихованная клетка в таблице признаков указывает на то, что данный признак используется для оценки конкретного состояния программного средства x_v .

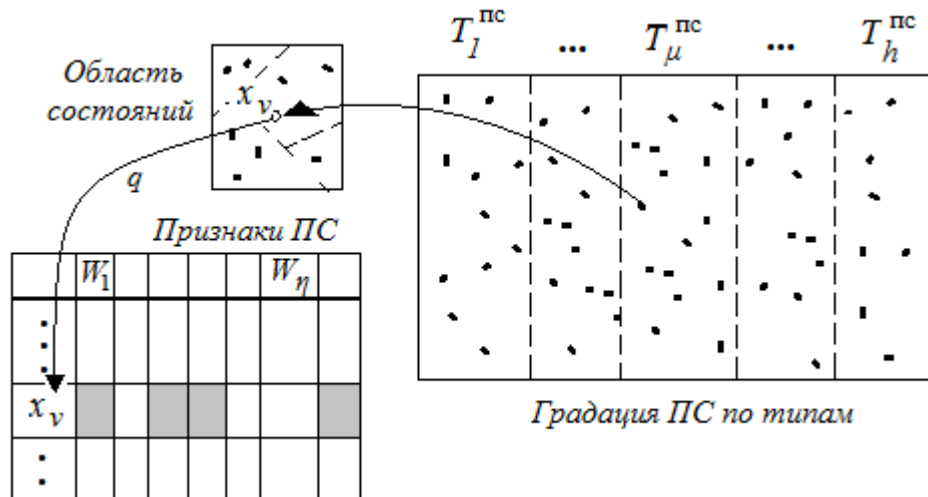


Рис. 2.9 – Последовательность представлений ПС в процессе формализаций

Упорядочение образов программных средств проведем, базирываясь на использовании аппарата мультимножеств [113]. Преимущество мультимножеств состоит в том, что данный подход позволяет учесть разнородные признаки объектов, описываемых как количественными характеристиками (например, характеристики надежности, эффективности ПС), так и каче-

ственными значениями (например, факторы удобства применения или использования (понятность, простота использования, обучаемость)).

В отличие от известных подходов [113, 114], когда в многопризнаковом пространстве оценивается степень близости множества измеренных или назначенных экспертами признаков и эталонных признаков, соответствующих идеальному объекту, при сертификации программных средств важно, чтобы в рассмотрение попадали только объекты, характеризующиеся полным набором существенных признаков, свойственных эталонному образцу ПС. При этом значения признаков тестируемого ПС должны быть не хуже, чем у эталона. Иными словами, объект сертификации по набору признаков и их абсолютным значениям либо полностью эквивалентен эталону, либо лучше его, что вполне допустимо, когда хотя бы по одному из признаков, например, по надежности вероятность сбоя у исследуемого образца может быть меньше требуемого значения.

Будем рассматривать множество возможных объектов сертификации в виде совокупности $S_1, \dots, S_i, \dots, S_p$, оцениваемых по различным тестовым программам (сценариям) или группами экспертов по множеству из n показателей качества $W_1, \dots, W_j, \dots, W_n$, причем следует учесть, что для различных типов ПС из общего их числа, определяемого мощностью множества $|W| = m$ назначаются $m_\mu \leq m$ показателей для μ -го типа ПС, т.е. для $T_\mu^{ПС}$. Каждый показатель характеризуется конечным числом количественных или качественных (лингвистических, вербальных) значений, что отражается соответствующей шкалой, а алгебраические свойства каждой шкалы удовлетворяют условиям аддитивности и нормировки [128]:

$$w_j^{sc_j}, sc_j = \overline{1, \varepsilon_j}, j = \overline{1, n}, \quad (2.3)$$

где sc_j – диапазон (шкала) изменения j -го признака. Обычно шкала задается тройкой, включающей объект измерения, знаковую систему и отображе-

ние (объекта в знаковую систему) [107, 119]. Для тестируемого объекта S_i запишем следующее отображение:

$$S_i \rightarrow (w_{i1}^{sc_1}, \dots, w_{ij}^{sc_j}, \dots, w_{in}^{sc_n}), \quad (2.4)$$

как совокупность набора соответствующих шкал, причем число объектов тестирования определяется числом типов ПС и количеством возможных состояний каждого из них, т.е. $i = \overline{1, N_S}$, где верхний предел есть сумма $N_S = \sum_{\mu=1}^h m_{\mu}$.

Для анализа многопризнаковых объектов воспользуемся подходом на основе мультимножеств, когда в тестировании ПО участвуют k экспертов или проверка производится k различными методами. Физически S_i в m -мерном признаковом пространстве W может быть представлено в виде набора из k точек, а выражение (2.4) перепишем, как

$$S_i = \left\{ (w_{i1}^{sc_1(1)}, \dots, w_{ij}^{sc_j(1)}, \dots, w_{in}^{sc_n(1)}), \dots, (w_{i1}^{sc_1(k)}, \dots, w_{ij}^{sc_j(k)}, \dots, w_{in}^{sc_n(k)}) \right\}.$$

Здесь в круглых скобках наборы шкал от всех экспертов, задействованных в тестировании программных средств.

Если учесть, что любой признак может быть включен $\chi_{Si}(w_{ij}^j)$ раз, характеризуя конкретный образец ПС, то в терминах метрических пространств на основе аппарата мультимножеств, можно записать [76, 113, 114]:

$$S_i^* \rightarrow \{ \chi_{Si}(w_{i1}^1) \circ w_{i1}^1, \dots, \chi_{Si}(w_{i1}^{\varepsilon_1}) \circ w_{i1}^{\varepsilon_1}, \dots, \chi_{Si}(w_{in}^1) \circ w_{in}^1, \dots, \chi_{Si}(w_{in}^{\varepsilon_n}) \circ w_{in}^{\varepsilon_n} \}, \quad (2.5)$$

где кратность включения признака обозначается символом “ $\circ$ ” и ограничена количеством методов анализа, т.е. значением k . Функция кратности вхождения экземпляров признаков качества в мультимножество выбирается из интервала $\chi(w) \in [0, 1, 2, \dots]$. Мощность мультимножества $|S_i^*| = \sum_{j=1}^n \chi_{Si}(w_{ij}^{\#})$ — есть сумма всех элементов, определяемых с учетом задействованных признаков при оценивании соответствующего объекта испытаний (программного

средства). Здесь индекс «#» показывает, что в данном вычислении величины мощности (верхние индексы) не используются.

Для любого ℓ -го ($\ell = \overline{1, k}$) метода тестирования имеется группа признаков $w_{ij}^{(\ell)}$, которые учитывают номер состояния объекта испытания и определенный признак качества – соответственно индексы i и j . По аналогии с выражением (1.7) составим вектор абсолютных отклонений значений для признаков $w_{ij}^{(\ell)}$:

$$\delta_i^{(\ell)} = (\delta_{i1}^{(\ell)}, \dots, \delta_{ij}^{(\ell)}, \dots, \delta_{in}^{(\ell)}). \quad (2.6)$$

Из всех векторов $\delta_i^{(\ell)}$ составим матрицу отклонений M_δ , число строк в которой соответствует числу применяемых методов тестирования, а размерность матрицы – $[k \times n]$. Столбец матрицы M_δ можно рассматривать как совокупность измерений по признаку j , так как, по сути, каждый элемент вектора $\delta_i^{(\ell)}$ есть результат сравнения измерения с эталонным или требуемым значением признака.

Анализ организационных, технико-топологических, информационных структур при оценке возможностей испытательной лаборатории по проведению комплексного тестирования программных средств, в соответствии с техническим заданием позволяет делать предварительные выводы о состоятельности и достоверности планируемых работ. Одним из структурных показателей выступает наблюдаемость системы, т.е. оценка способности определить текущее состояние объекта по полученным измерительным данным [30, 45, 92, 148].

Определение 2.1. Будем называть систему оценки признаков качества структурно-наблюдаемой, если ранг матрицы отклонений M_δ определяется количеством линейно-независимых строк, т.е. методов тестирования и имеет вид:

$$\text{rank } M_\delta = k. \quad (2.7)$$

Величина $k \leq n$ не превышает числа признаков качества ПС. Следует уточнить, что величина n соответствует общему числу признаков качества, характерных для всех типов ПС, когда как для конкретно выбранного μ -го типа ПС количество признаков $n_{\mu} \leq n$, т.е. не превышает.

По существу формирование градаций шкал признаков актуально при выявлении нового типа программного средства. Для повторного тестирования, например, когда по определенной выборке тестируемых средств из общей партии однотипных объектов, применим упрощенный (сокращенный алгоритм испытаний). В этом случае могут быть использованы составные шкалы критериев за счет выявления агрегированных свойств объектов исследования [114, 115, 140], основываясь на иерархической системе составных критериев. При этом эксперт каждый раз должен искать компромисс между временными ресурсами решения задачи, сокращая процедуры тестирования, и точностными факторами, т.е. достоверностью принятия окончательного решения о соответствии испытываемого образца требованиям на данный вид продукции [6, 7, 40, 82].

Для различных типов ПС, представленных выше в таблице 1.10 («1» – операционные системы, «2» – ПС управления БД, «3» – сервисные, а также интерфейсные программы, «4» – прикладные ПС (ППС) для научных и инженерных расчетов, «5» – ППС для проектирования, например в составе САПР, «6» – ППС управления технологическими процессами), существуют или разрабатываются с появлением новых программных средств весовые коэффициенты показателей качества ПС, в зависимости от фазы его жизненного цикла (ЖЦ) [6, 13]. В таблице 2.4 для двух факторов (эффективности и универсальности) представлены весовые коэффициенты. Фазы ЖЦ условно обозначены буквами: для процесса разработки изделия (А – анализ; П – проектирование; Р – реализация; Т – тестирование; И – изготовление) и в ходе применения – фаза О – обслуживание/ сопровождение. В данном стандарте реализован метод интегральной оценки качества программных средств, в ос-

нове которого лежит 4-х уровневая иерархическая модель, построенная на взаимосвязях: «факторы» – «критерии» – «метрики» – «оценочные элементы» с учетом фаз ЖЦ программных средств [6, 7, 33].

Для каждого j -го фактора сумма весовых коэффициентов по всем с l -м ($l = \overline{1, z}$) критериям для каждой фазы ЖЦ постоянна, т.е.

$$\sum_{l=1}^z V_{jl} = \text{const} = 1.$$

Таблица 2.4 – Взаимосвязь факторов, критериев с фазами ЖЦ при оценке качества ПС

Фактор	Критерий		Фаза ЖЦ	Весовой коэффициент показателя					
	№	Наименование		1	2	3	4	5	6
Эффективность	4.1	Уровень автоматизации	А	0,25	0,25	0,25	–	0,3	0,3
			П	0,3	0,3	0,3	–	0,5	0,5
			Р, Т, И, О	0,25	0,25	0,25	–	0,3	0,3
	4.2	Временная эффективность	А	0,25	0,25	0,25	1,0	0,35	0,35
			Р, Т, И, О	0,25	0,25	0,25	1,0	0,35	0,35
			Р, Т, И, О	0,25	0,25	0,25	1,0	0,35	0,35
	4.3	Ресурсоемкость	А	0,5	0,50	0,5	–	0,35	0,35
			П	0,7	0,7	0,7	–	0,5	0,5
			Р, Т, И, О	0,5	0,5	0,5	–	0,35	0,35
Универсальность	5.1	Гибкость	А	–	0,5	–	–	0,7	0,5
			П	–	1,0	–	–	1,0	1,0
			Р, Т, И, О	–	0,25	–	–	0,5	0,3
	5.2	Мобильность	А	1,0	0,5	1,0	1,0	0,3	0,5
			Р, Т, И, О	0,3	0,25	0,5	1,0	0,25	0,35
			Р, Т, И, О	0,3	0,25	0,5	1,0	0,25	0,35
	5.3	Модифицируемость	Р, Т, И, О	0,70	0,5	0,5	–	0,25	0,35
			Р, Т, И, О	0,70	0,5	0,5	–	0,25	0,35
			Р, Т, И, О	0,70	0,5	0,5	–	0,25	0,35

По аналогии с таблицей 2.4 разрабатываются базовые значения критериев качества. В итоге абсолютный показатель качества по j -му фактору определяется из выражения [6, 33]:

$$\Phi_{jl} = \frac{\sum_{k=1}^z \Phi_{lk}^Z V_{lk}^Z}{\sum_{k=1}^z V_{lk}^Z}, \quad (2.8)$$

где Z – признак метрики, z – общее число метрик.

На примере фактора надежности программных средств (см. рис. 2.10, где цифрами 1-5 обозначены применяемые метрики) совокупность метрических признаков последовательно отражается в соответствующие критерии, с учетом выражения (2.8). Одновременно показано, что в зависимости от фазы жизненного цикла программных средств изменяются критерии качества и применяемые метрики. Так, для фазы проектирования оценивается устойчивость функционирования ПС к различным отклонениям и ошибкам и, как следует из [6], для метрик **1**, **2** и частично для **3** применяется экспертный метод оценивания.

Для метрики **3** также и расчетный метод для определения устойчивости к искажающим воздействиям [6], как $P_3 = 1 - n_{\text{экс}}^{\text{отк}} / n_{\text{экс}}$, где $n_{\text{экс}}^{\text{отк}}$ – число экспериментов, когда вводимые искажения приводили к отказу ПС, а $n_{\text{экс}}$ – общее число экспериментов с применяемыми искажениями. Для оценки работоспособности ПС также применяются расчетные методы оценки в составе вероятностных и временных показателей (вероятности безотказной работы, среднего времени восстановления [45]).



Рис. 2.10 – Структура организационных связей в ходе формирования качества

Полученные агрегированные оценки могут быть использованы для экспресс-анализа ПП, а также формирования соответствующих БД для предварительного оценивания показателей качества, которое сопровождает процессы создания и применения программных продуктов на всех этапах их жизненного цикла [24].

На рис. 2.11 приведена структура взаимодействия процессов в ходе разработки и использования ПП: *воздействия* предполагают непосредственное влияние на фазы ЖЦ, обратные связи (пунктирные линии) определяют факты отражения соответствующих воздействий, *измерения процесса* играют контрольную функцию. Контроль качества при использовании (сопровождении) ПП осуществляется во всех сценариях функционирования.

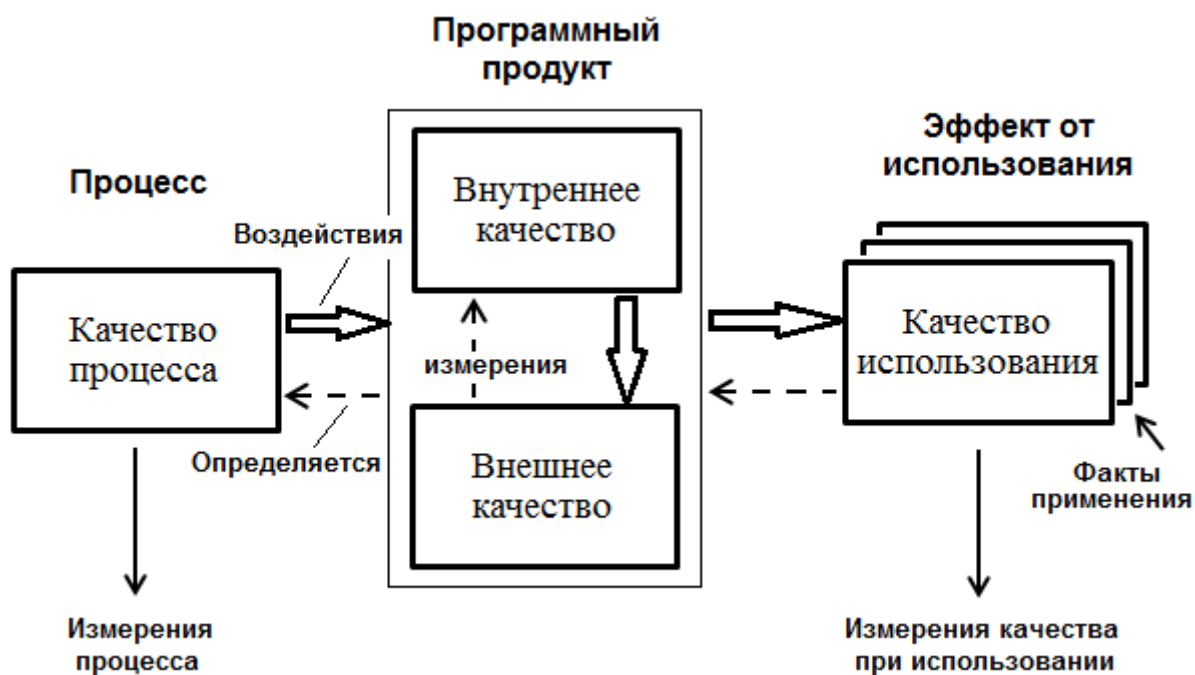


Рис. 2.11 – Структура организационных связей в ходе формирования качества

При проведении тестирования по нескольким методам отдельных участков программ следует рассматривать полученные данные, как выборку измерений, в составе которой возможно появление аномальных (грубых) измерений, что объясняется некорректным выбором методов, моделей или алгоритмов переработки информации [30, 64, 89]. Для малых выборок объемом g в этом случае можно воспользоваться критерием Граббса [16]. При этом вычисляют среднее арифметическое всех результатов измерений – $\bar{y}$ и среднее квадратическое отклонение – σ соответственно:

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^g y_i \quad \text{и} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^g (y_i - \bar{y})^2}{g - 1}}. \quad (2.9)$$

Для статистического критерия Граббса [16] предполагают, что максимальное ($y_{\max}$) и минимальное ($y_{\min}$) значения выборки могут возникать из-за погрешностей, для чего вычисляют два характерных числа:

$$G_1 = \frac{|y_{\max} - \bar{y}|}{\sigma}, \quad G_2 = \frac{|\bar{y} - y_{\min}|}{\sigma}, \quad (2.10)$$

которые сравниваются с теоретическим значением G_T для соответствующего уровня значимости (0,01 и 0,05). В таблице 2.5 представлены критические значения критерия Граббса для небольших объемов выборки [16]. Тогда при условии $G_1 > G_T$ исключают, как маловероятное, значение $y_{\max}$, а при выполнении условия $G_2 > G_T$, исключается значение $y_{\min}$. Если исключение максимального или минимального значения произошло, то вновь вычисляются величины по (2.9) и (2.10), а процедура проверки грубых измерений повторяется.

Таблица 2.5 – Критические значения для критерия Граббса

Объем выборки	Одно наибольшее или одно наименьшее значение при уровне значимости	
	Свыше 1%	Свыше 5%
3	1,155	1,155
4	1,496	1,481
5	1,764	1,715
6	1,973	1,887
7	2,139	2,020

Формирование шкалы признаков в ходе оценки качества программных средств предлагается проводить в виде последовательности шагов алгоритма, представленного на рис. 2.12.

Шаг 1. Выбор типа ПС – $T_{\mu}^{ПС}$, из базы данных или формирование требований к новому типу программных средств для включения в БД.

Шаг 2. Формирование множества вариантов решения (схем построения) задач испытаний по выбранному типу программных средств $T_{\mu}^{ПС}$.

Шаг 3. Формирование множества признаков качества в n -мерном признаковом пространстве W под выбранный тип ПС.



Рис. 2.12 – Блок-схема модели контроля качества многопризнаковых объектов

Шаг 4. Формирование множества шкал признаков в соответствии типом ПС и выражениями (2.3) и (2.4).

Шаг 5. Построение схем агрегирования признаков качества.

Шаг 6. Ранжирование результатов тестирования ПС различными методами и исключение грубых измерений.

Шаг 7. Контроль результатов испытаний и сопоставление с требованиями к параметрам признаков.

Шаг 8. Для выбранного типа ПС $T_{\mu}^{ПС}$ определяют, удовлетворяют ли полученные результаты: если «Да», то алгоритм завершает работу, если «Нет», переход к *Шагу 9*.

Шаг 9. Пользователю предлагается либо изменить способ агрегирования признаков качества, либо изменить способ формирования шкал (их диапазонов), путем введения в рассмотрение дополнительных свойств.

2.4. Разработка концептуальной модели контроля качества программных средств на основе статистического подхода к распознаванию образов

Задача распознавания образов является широко востребованной в современных компьютерных системах и находит все новые области применения:

- в системах машинного зрения на базе систем видеонаблюдения;
- в системах диагностики в медицине и диагностики сложных технических систем [32, 35, 51, 93];
- в системах распознавания символов, текстов [76, 121], товарных знаков, магнитных карт, QR-кодов, штрих-кодов и т.д.

Распознавание представляет собой задачу преобразования входной информации, полученной от любых сенсорных элементов (измерителей), которые будем рассматривать как некоторые параметры или признаки распознаваемых образов. Полученный входной образ сравнивают с некоторой библиотекой образов.

Представим процесс распознавания в следующей вербальной постановке. Будем рассматривать задачу сертификации программных продуктов

средствами испытательной лаборатории, как задачу распознавания тестируемого ПС, в результате которого должно быть принято решение о соответствии или несоответствии испытываемого объекта требованиям к данному типу ПС. Предполагается, что множество признаков качества для объектов распознавания априорно известны и хранятся в базе данных (БД) испытательного центра, либо они формируются для вновь появившихся программных продуктов до проведения сертификационных испытаний и также пополняют БД. Указанные вопросы составляют этап обучения (рис. 2.13), который является обязательным при подготовке к основным задачам тестирования [82, 93].

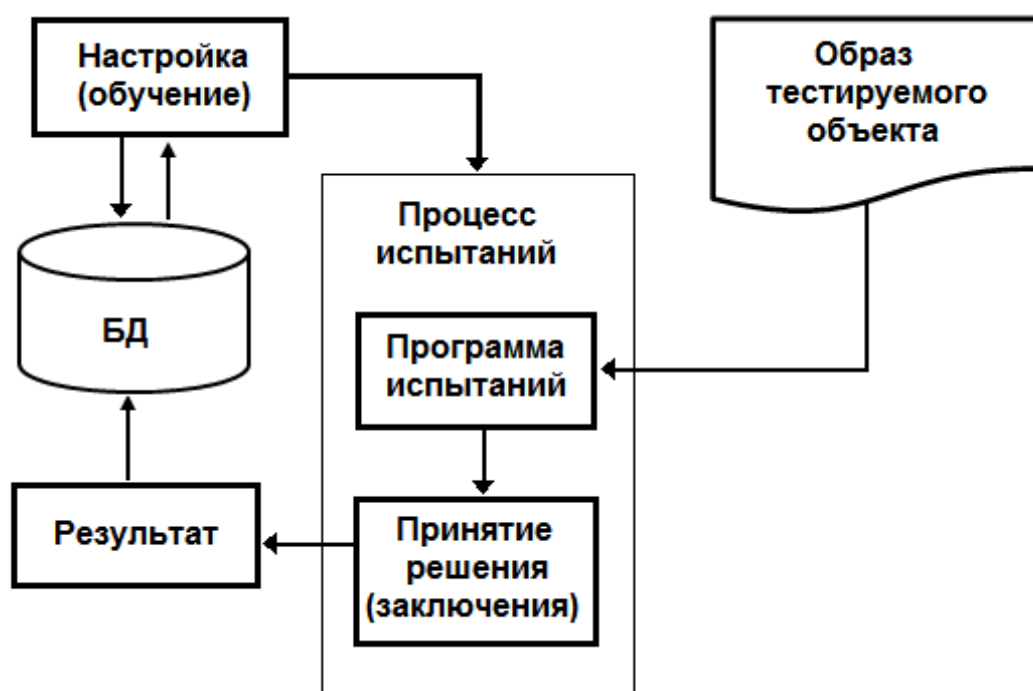


Рис. 2.13 – Функциональная схема процесса распознавания признаков объектов в ходе тестирования

Программа испытаний составляется исходя из заявленного заказчиком уровня применения ПС, требований нормативной документации по качеству ПП и представляет собой перечень процедур тестирования, методик испытаний, показателей качества, которые должны быть проконтролированы и получены, а также ответственных за проведение указанных проверок. На этапе принятия решения по результатам проведенных работ (циклов испытаний)

делается вывод о соответствии объекта распознавания заявленным качествам (см. рис. 2.13).

Формализуем задачу распознавания объектов сертификации в следующем виде. Дано множество объектов S :

$$S = \{S_1, \dots, S_i, \dots, S_{N_S}\}, i = \overline{1, N_S}; N_S = \sum_{\mu=1}^h m_{\mu}, \quad (2.11)$$

причем мощность множества $|S| = N_S$ определяется количеством типов ПС – h и количеством программ (образов) в каждом типе – m_{μ} . Известна совокупность признаков качества, как множество $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ объема m , который объединяет все возможные признаки качества программных продуктов. Для тестируемого типа ПС – T_{μ}^{PC} формируется соответствующий массив признаков m_{μ} .

На предварительном этапе для всех типов ПС составляется область эталонных значений признаков, которую для плоского случая (в системе координат двух признаков) представим на рис. 2.14, где показана область изменения признаков качества w_1 и w_2 , диапазон изменения соответствует интервалу, например, для признака w_1 это интервал $[w_1^{\text{ж}}, w_1^{\text{с}}]$, с заданными ограничениями по координатам осей признаков.

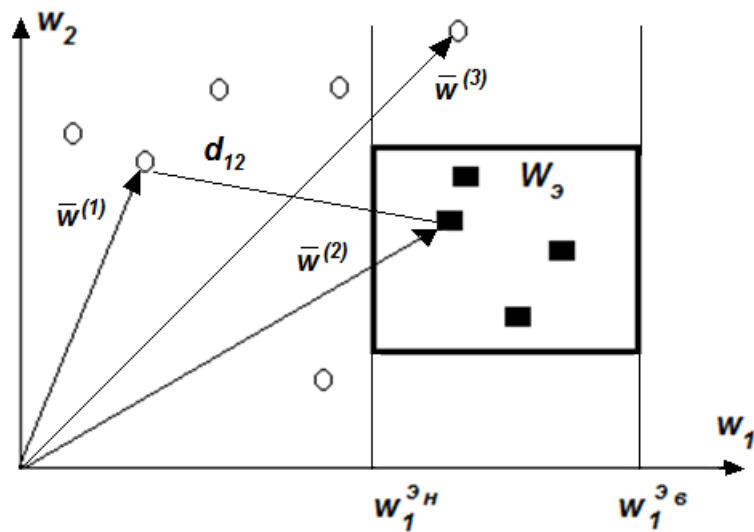


Рис. 2.14 – Область и параметры эталонных признаков объектов тестирования

Объекты тестирования на рис. 2.14 обозначены либо кружком – несоответствующие требованиям по признакам w_1 и w_2 , либо заштрихованным прямоугольником, если эти признаки качества в пределах области W_s . Будем называть область W_s эталонных значений признаков, которыми должен характеризоваться тестируемый объект, *классом эталонов*.

Пусть существует разбиение множества S на подмножества, каждое из которых содержит классы объектов (программных средств), характеризующиеся определенным набором признаков качества, составляющих множество классов – Ω .

Распознавание заключается в том, чтобы каждому объекту испытания с заданным числом признаков качества и существующей априорной информации статистического характера о тестируемом типе ПС, вычислить значения предикатов

$$P_i = (S_i \in \Omega_s), \quad i = \overline{1, N_s}, \quad (2.12)$$

истинное значение которых соответствует факту принадлежности объекта эталонному классу, т.е. положительному исходу процесса сертификации программного продукта.

Задача сводится к измерению меры сходства, заданной расстоянием в признаковом пространстве между тестируемым образцом и эталоном. Чаще для этих целей используют метрику, основанную на понятии евклидова расстояния $d(s_i, s_i^s)$ между i -ым объектом испытаний и вектором эталонных (требуемых) показателей:

$$d(s_i, s_i^s) = \|\delta_i\| = \sqrt{\delta_i^T \delta_i}, \quad (2.13)$$

где δ_i – разностный вектор, определяемый в соответствии с выражением (1.7).

На рис. 2.14 для двухмерного случая это расстояние d_{12} между векторами $\bar{w}^{(1)}$ и $\bar{w}^{(2)}$. Однако на практике не всегда целесообразно оперирование с точ-

ными расстояниями. Когда мы рассматриваем показатели качества, нам необходимо обеспечить заданный уровень показателя качества. Так, например, для представленного на рис. 2.14 вектора $\bar{w}^{(3)} = \{w_1^{(3)}; w_2^{(3)}\}$ можно констатировать, что по признаку качества w_1 тестируемый объект соответствует требованиям, а по w_2 – нет.

Алгоритмы распознавания, базирующиеся на детерминированных признаках, основываются на геометрических мерах близости между сравниваемыми объектами испытаний.

Однако в случае, когда задача распознавания носит вероятностный характер, т.е. существуют вероятностные связи в цепочке «*признак – измерение – оценивание – принятие решения*», целесообразно воспользоваться методами существующей теории статистических решений, широко применяемой в задачах оценивания, обработки результатов измерений и многих других [30, 45, 47, 67]. Критерий Байеса, как наиболее простой и физически близкий к решаемой в работе задаче, целесообразно использовать, когда производят многократное распознавание объектов, а признаков пространства остается неизменным или может дополняться новыми элементами на этапе обучения [51, 93, 126], что соответствует случаю тестирования ПС при их сертификации.

Применение байесовского подхода возможно в случае существования вероятностных мер. Это вполне соответствует характеру проводимых измерений, тестов для определения признаков качества, когда возможны ошибки в действиях экспертов, погрешности различного уровня при проведении измерений, что позволяет говорить о случайных факторах и вероятностных характеристиках процессов тестирования. Для рассматриваемого в работе подхода к проведению сертификационных испытаний, если имеется объект испытаний $S_i \subset S$, характеризующий его набор признаков качества, записанный в виде множества

$$W_j = \{w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{j\mu}\}, \quad (2.14)$$

где индекс μ соответствует факту принадлежности данной совокупности признаков μ -му типу ПС – $T_{\mu}^{ПС}$. При этом признаки могут быть представлены в различных шкалах (количественных, порядковых, номинальных) [36, 93, 107].

На декартовом произведении множеств $S \times W$ соответственно состояний $S_i \subset S$ и признаков $W_j \subset W$ зададим распределение совместных вероятностей в виде отображения:

$$P_{SW} : S \times W \rightarrow \mathbf{R},$$

где $\mathbf{R}$ – множество вещественных чисел.

Формула Байеса для вероятностного представления событий для процесса распознавания состояния тестируемого объекта принимает вид [51, 93]:

$$P(S_i | W_j) = P(S_i)P(W_j | S_i) / P(W_j), \quad (2.15)$$

где $P(S_i | W_j)$ – вероятность состояния S_i после того, как получены все результаты тестирования по соответствующему множеству признаков W_j из (2.14), т.е. признаков, задействованных при испытании конкретного типа ПС; $P(S_i)$ – вероятность констатации состояния S_i по априорным данным.

Для независимых признаков качества вероятность подтверждения каждого из них есть вероятность совместного события:

$$P(W_j | S_i) = \prod_{k=1}^{m_{\mu}} P(w_{jk} | S_i), \quad (2.16)$$

где $P(w_{jk} | S_i)$ – вероятность проявления конкретного частного признака w_{jk} , $k = \overline{1, m_{\mu}}$ для типа ПС – $T_{\mu}^{ПС}$.

Вероятность проявления комплекса признаков при тестировании любого программного средства S_i при $i = \overline{1, N_S}$ с учетом [51, 93] запишем в виде:

$$P(W_j) = \sum_{i=1}^{N_S} P(S_i)P(W_j | S_i). \quad (2.17)$$

Так все составляющие у нас формально определены, то из выражений (2.15) и (2.16) можно записать, что справедливо:

$$\sum_{i=1}^{N_s} P(S_i | W_j) = 1, \quad (2.18)$$

так как состояние тестируемого объекта явно проявится, хотя бы одно из двух: соответствует или не соответствует установленным требованиям испытываемый образец.

С учетом хрестоматийной записи формулы Байеса [51, 141] выражение (2.15) перепишем в виде:

$$P(S_i, W_j) = P(S_i) P(W_j | S_i), \quad (2.19)$$

тогда для апостериорной вероятности определения состояния ПС запишем в виде:

$$P(S_i | W_j) = P(S_i, W_j) / \sum_{i=1}^{N_s} P(S_i, W_j). \quad (2.20)$$

Оценим уровень риска, существующий в задаче тестирования ПС. Это может быть ситуация, когда, например, программное средство, удовлетворяющее требованиям качества, признается несоответствующим критериям сертификации. Это ведет к определенным потерям, как со стороны заказчика, так и со стороны ИЛ, что учитывается платежной матрицей [36, 51, 93]. Для случая, когда пространство признаков разделено на две области:

- 1) эталонные значения признаков качества – область Ω_1 ;
- 2) значения признаков, не отвечающих требованиям нормативной документации на испытываемый тип ПС и образующих область Ω .

Здесь уместно предположить, что области классов признаков $\Omega_1 \cap \Omega = \emptyset$.

Платежная матрица в этом случае имеет размерность (2×2) :

$$\begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}, \quad (2.21)$$

где c_{11} и c_{22} – выигрыши за правильные решения, а c_{12} и c_{21} – потери при ошибках первого и второго рода. Таким образом, индексы «1» и «2» соответствуют областям Ω_1 и Ω_2 .

Для пояснения сформулируем следующее определение для ошибок распознавания [93].

Определение 2.2. Вероятность

$$P_e = P(w \in R, \Omega_1) + P(w \in R_1, \Omega) \quad (2.22)$$

назовем ошибкой распознавания, когда объект, характеризуется признаками, не удовлетворяющими требованиям, а принимается заключение о выдаче сертификата, что соответствует ошибке первого рода, или когда объект характеризуется признаками из пространства эталонных признаков, а его относят к общему пространству признаков и считают непрошедшим сертификацию, т.е. это ошибка второго рода.

При этом области решений эталонного класса и класса с признаками, несоответствующими требованиям представляются следующим образом:

$$R_1 = \{w: P(\Omega_1)P(w|\Omega_1) > P(\Omega)P(w|\Omega)\};$$

$$R = \{w: P(\Omega_1)P(w|\Omega_1) < P(\Omega)P(w|\Omega)\}.$$

Критерий Байеса, как известно, сводится к выполнению следующего правила [36, 51, 93]: если измеренное значение признака у объекта исследования расположено в области R_1 , то объект относится к классу Ω_1 , т.е. полностью соответствует требованиям эталонных параметров, попадание в область R – требует считать рассматриваемый объект, как несоответствующий требованиям. Данное решение обеспечивает минимум среднего риска по множеству возможных решений задачи распознавания (оценивания) объектов испытаний.

Общее выражение для среднего риска, если положить, что $c_{11} = c_{22} = 0$, а $c_{12} = c_1$ и $c_{21} = c_2$ для априорных вероятностей появления объектов из соответствующих классов $P(\Omega_1)$ и $P(\Omega)$ имеет вид [51]:

$$\bar{R} = c_1 P(\Omega_1) \alpha + c_2 P(\Omega) \beta, \quad (2.23)$$

где α и β – соответственно ошибки первого и второго рода (2.22).

Разделяющую функцию – $\phi(W)$ [36] при этом можно представить, как

$$\phi(W) = c_1 P(\Omega_9) P(W | \Omega_9) - c_2 P(\Omega) P(W | \Omega), \quad (2.24)$$

где вектор признаков W соответствует одному из двух состояний объекта сертификации – удовлетворяет или нет требованиям к признакам качества тестируемого программного средства. Сложность аналитического представления условных вероятностей $P(W | \Omega_9)$ приводит к необходимости использования таблиц с экспериментальными значениями признаков качества, полученных для тестируемых объектов, состояние которых оценивается и сравнивается с эталонными параметрами для данного типа ПС.

2.5. Выводы по главе

1. Представлена организационно-функциональная схема деятельности испытательной лаборатории в ходе сертификации программных средств. Выявлены основные инструменты по улучшению качества, целесообразные к применению на этапах сертификации программного обеспечения. Разработана методическая схема решения научной задачи диссертационного исследования.

2. Разработан методический подход к структурированию информационных баз данных результатов сертификационной деятельности на основе гиперкубического представления данных с обязательным отражением данных по объекту сертификации, применяемых методах оценивания, результатов тестирования и выходных данных выданных разрешительных документов.

3. Разработана концептуальная модель контроля качества многопризнаковых объектов, основываясь на понятия структурной наблюдаемости, взаимосвязи этапов жизненного цикла программной продукции, типа ПП и выбранных показателей качества. Применяемые агрегированные оценки ка-

чества могут быть использованы для экспресс-анализа программной продукции, а также формирования соответствующих БД для предварительного оценивания показателей качества.

4. Разработана концептуальная модель контроля качества программных средств на основе статистического байесовского подхода к распознаванию образов, когда каждый объект испытания представляется в виде информационного образа, признаками которого являются показатели качества. Процедура тестирования сводится к сравнению тестируемого информационного образа с эталоном, представляющим собой требования к информационным признакам, которым должен удовлетворять сертифицируемый объект программного обеспечения.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

В третьей главе получены оценки целевой эффективности предложенных информационных структур, математических моделей и алгоритмов. Представлены примеры и результаты моделирования, подтверждающие основные выводы и положения, полученные в ходе исследований.

Описан разработанный автором методический подход и алгоритм обеспечения качества программных средств на основе применения нечетких когнитивных карт. Представлена модель и проведено моделирование обработки результатов экспертного оценивания в ходе сертификационных испытаний программных средств.

3.1. Разработка методического подхода и схемы обеспечения качества программных средств на основе применения нечетких когнитивных карт

Для оценки ряда факторов, влияющих на процесс создания (разработки и проектирования) сложных программных комплексов, а также процессы сопровождения и применения, все чаще используют когнитивные модели [26, 44, 101]. Достоинство подобного подхода заключается в том, что для конкретной предметной области удастся выявить индикаторы (факторы), которые отражают разнообразие технологических процессов на этапах жизненного цикла программной продукции. Основной упор когнитивного моделирования делается на слабоструктурированные сценарии, когда в контурах информационного взаимодействия подсистем управления (рис. 1.3) необходимо учитывать элементы и технологические особенности различной природы, организационные структуры, социальные, экономические, культурные и правовые факторы. Этот перечень может значительно пополняться, в зависимости

от анализируемого объекта, наличия у исследователя априорной информации о структуре его внешних и внутренних связей.

Основной особенностью слабоструктурированных задач является то, что для построения их концептуальных моделей требуется наличие дополнительной информации о взаимодействии (взаимовлиянии) отдельных подсистем, о факторах в смежных отраслях знаний, которые напрямую или косвенно влияют на целевой фактор (исследуемый процесс).

При этом *когнитивный подход*, основываясь на известных «знаниях», процессах их отображения, переработки, хранения, манипулирования ими, обеспечивает производство «новых знаний» [116]. Следует отметить, что с помощью когнитивных карт получают субъективный образ изучаемого объекта в виде отображения структуры характерных для него причинно-следственных связей [26, 116]. Логика построения когнитивной модели требует объединения точного естественнонаучного знания с процессами анализирующей мыслительной деятельности, отражающей восприятие факторов влияния слабоструктурированных знаний.

КК являются полезным инструментом для формирования и уточнения модели функционирования сложной системы. Если известна полностью модель состояний системы, тогда с помощью, например, аппарата дифференциальных или разностных уравнений и теории оптимального управления можно получить результаты оценивания вектора состояния объекта [30, 45, 67], а для игровых задач – воспользоваться аппаратом теории игр [69, 119]. КК характеризуются структурностью, наглядностью, простой и понятной интерпретацией, за счет причинно-следственных отношений между анализируемыми факторами.

В таблице 3.1 представлен качественный и количественный подход при решении исследовательских задач, каждый из которых опирается на свои методы, модели и алгоритмы [144]. Однако на практике построить достоверные модели реальных процессов функционирования не всегда предоставляется возможным, ввиду отсутствия соответствующих сведений о внешних и внут-

ренных мешающих (деструктивных) факторах, когда количественные модели дают грубые робастные оценки. Устойчивость КК зависит от характера обратных связей между вершинами графа когнитивной карты. Вектор начального состояния факторов КК имеет тенденцию к росту, если направление движения процесса происходит только по дугам со знаком «+», но может представлять и колебательный (нестабильный) процесс при чередовании знака весов влияния на факторы модели. Считают, что система, процесс функционирования которой описывается составленной КК, устойчива, когда в условиях внешних воздействий, состояние всех ее факторов или части из них не меняется.

Таблица 3.1 – Средства анализа динамики ситуации

Цель / метод	Средство	
	Качественный анализ	Количественный анализ
Описание ситуации	Когнитивные карты	Дифференциальные или разностные уравнения
Анализ и управление ситуацией	Имитационное моделирование	Теория оптимального управления
Анализ и взаимодействие субъектов	«Когнитивные игры»	Динамические игры
Многомерное шкалирование	Методы классификации, типологизации и систематизации данных	В основе – измерения и числовое представление данных
Факторный анализ (ФА) и моделирование	Экспертное оценивание, теория поведения, иерархический ФА	Детерминированный ФА, стохастический ФА

Дополнительные возможности появляются при совмещении когнитивных карт и аппарата нечетких множеств, что составляет суть *нечетких* КК или НКК.

Применительно к задачам выбора в зависимости от способа принятия решения могут учитываться следующие факторы [71, 107, 119, 144], представленные в таблице 3.2:

Ф1 – блок графического отображения;

Ф2 – блок лингвистического описания взаимодействующих факторов;

Ф3 – блок экспертного оценивания результатов моделирования;

Ф4 – простота вычислительных алгоритмов;

Ф5 – требование предварительного статистического анализа данных;

Ф6 – необходимость применения человеко-машинных процедур и диалогового взаимодействия;

Ф7 – блок компромиссов для управления ходом решения задачи;

Ф8 – блок управления ходом задачи, выбором ограничений для обеспечения сходимости решения задачи.

Таблица 3.2 – Реализуемость алгоритмических факторов в задачах принятия решений

Способы принятия решения	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
Байесовский подход	-	-	+	+	+	+	+	+
Метод дерева решений	+	-	+	+	+	-	+	+
Метод анализа иерархий	-	+	+	+	-	-	+	+
Продукционные правила	-	+	+	+	-	-	+	+
Нечеткие когнитивные карты	+	+	+	+	-	-	-	-

Из анализа таблицы 3.2 можно сделать вывод о том, что НКК, обеспечивая хорошую наглядность, простоту реализации алгоритмов выбора (принятия решений), позволяют оперировать со слабоструктурированными данными, опираясь на экспертные мнения в различных предметных областях.

Когнитивное моделирование, на наш взгляд, позволяет шире посмотреть на проблему повышения качества программного обеспечения. В ходе сертификации ПП осуществляется контроль его качества, который дает оценку как самому продукту, так и технологии его разработки, проектирования и применения. КК позволяют дополнительно учитывать факторы не только технологического уровня производства продукта, но и технологии его внедрения, экономические аспекты рыночной реализации, социального восприятия [44]. Это позволяет своевременно улавливать и внедрять в производство соответствующие товары и услуги в ответ на новые запросы рынка, технологические «прорывы» в смежных областях техники, предоставляя пользователям как современные сервисные возможности, так и передовые технологические решения.

Представим нечеткий граф, описывающий НКК в виде [135, 149]:

$$G = \langle B, R, F \rangle, \quad (3.1)$$

где $B = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество вершин, описывающих ситуацию моделирования, (концептов, факторов) графа; $R \subseteq B \times B$ – множество дуг (причинно-следственные связи между концептами), причем $R = \{r_{ij} \mid r_{ij} \in R; i, j = \overline{1, n}\}$, где n – число вершин графа, а элемент r_{ij} – показывает влияние i -го фактора на j -й фактор; F – множество весов (характеристик) связей. Влияние концептов в графе представим в виде [135] нечетких бинарных отношений $r_{ij} \in [0, 1]$. Следует отметить, что в когнитивных моделях существуют положительные и отрицательные причинно-следственные связи. Для первых («+») увеличение концепта – «причина» приводит к росту концепта – «следствие». Для вторых («–») – увеличение концепта – «причина» приводит к уменьшению концепта – «следствие» [26, 44].

Модельная динамика развития сценариев взаимодействия концептов строится на механизме смены временных меток (шагов или тактов) итерационного процесса, связывая текущее время t с предшествующим шагом $(t - 1)$

и последующим шагом $(t+1)$. Воспользуемся представлением нечеткой динамики процесса взаимовлияния концептов в НКК реляционного типа в виде [135]:

$$\tilde{B}_j(t+1) = \tilde{B}_j(t) \oplus \left(\bigoplus_{i=1}^n \left([\tilde{B}_i(t) - \tilde{B}_i(t-1)] \circ \tilde{r}_{ij} \right) \right), \quad (3.2)$$

где $\tilde{B}_j(*)$, $j = \overline{1, n}$ – значения концептов в нечеткой форме для соответствующей вершины графа; « $\circ$ » – операция нечеткой композиции; « $\oplus$ » – операция нечеткого агрегирования соседних по временной динамике состояний концепта; « $\bigoplus_{i=1}^n$ » – агрегирование нечетких взаимосвязанных концептов.

В понятие *концепта* в когнитивном моделировании включаются внешние и внутренние факторы, учитываемые в модели, а также действия, состояния, процессы (в том числе и информационные) и другие индикаторы, характеризующие моделируемую предметную область [37].

Отметим, что выражение (3.2) носит нелинейный характер, что в общем виде можно представить некоторой нелинейной функцией f вида:

$$\tilde{B}_j = f[\tilde{B}_j],$$

опуская детали формы представления времени в модели.

Однако данное упрощение позволяет наглядно сделать переход к фазе нормализации (масштабирования) результатов вычислительного эксперимента в диапазоне $[0,1]$ или $[-1,+1]$, исключая возможность выхода за его пределы. Масштабирование переменных может применяться в любом заданном диапазоне, но обычно применяют сигмоидальные функции, например в виде:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}, \quad \lambda > 0. \quad (3.3)$$

Процедура формирования модели оценки влияния факторов, включенных нами в понятие концепта, на качество программных продуктов с применением нечетких когнитивных карт с учетом отношений влияния концептов включает следующие этапы:

Этап 1. Формирование перечня концептов НКК реляционного типа для оценки факторов влияния на качество тестируемых образцов ПС. По результатам экспертного опроса формируется перечень концептов, объединяемых в структуре когнитивной карты:

- B_1 – качество программных средств, организация и поддержание;
- B_2 – ресурсы, информационные и денежные;
- B_3 – удовлетворенность заказчика;
- B_4 – технологии разработки и испытаний ПС;
- B_5 – рынок и его факторы в формировании технологий и информационного пространства;
- B_6 – квалификационный уровень персонала;
- B_7 – инновационные риски;
- B_8 – сертификация программных продуктов.

Этап 2. Формирование множества R отношений из (3.1) в виде причинно-следственных связей между отдельными концептами (факторами) с учетом экспертной информации, полученной на основании опросов, а также существующих информационных каналов взаимодействия на организационном уровне.

Этап 3. Формирование матрицы значений отношений, характеризующих влияние взаимодействующих концептов друг на друга. Методическим аппаратом при этом служат: статистические методы анализа данных, результаты экспертных опросов, аналитические обзоры информационно-аналитической базы предметной области, приемы теории принятия решений, теории оценивания, нормативно-правовые акты и т.п. Результатом этапа является когнитивная матрица взаимных влияний в виде таблицы 3.3. Обычно веса взаимовлияний задаются экспертным путем либо в составе эмпирических данных, например, связь концептов B_5 и B_1 равна $+0,6$, что означает рост фактора B_1 на 15% при соответствующем росте рыночных факторов в

формировании технологий на 25%, так как наличие сертификата у ПП значительно увеличивает его возможности на рынке программного обеспечения.

Таблица 3.3 – Когнитивная матрица взаимных влияний

Концепты	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
B1	0	0,5	0	0	0	0	-0,2	0
B2	0,55	0	0,95	0	0,15	0,25	-0,6	1
B3	0,9	0	0	0	0,3	0	0,1	0,45
B4	-0,8	0,8	0	0	0	0	0	0
B5	0,6	0,05	0	0,2	0	0	0	0
B6	-0,3	0	0,1	0,5	0,2	0	-0,5	0,5
B7	0,6	0	0	0,2	0,03	0	0	0
B8	0,01	0	0	0	0,65	0	-0,2	0

Этап 4. Построение НКК для оценки взаимовлияния концептов. В качестве внешних весовых факторов в модель включены рыночная мотивация, инновационные риски, связанные с оперативностью внедрения новейших технологий. В ущерб качеству внедрение производится, порой по сокращенным технологиям, с единственной целью – занятия рыночной ниши. Структуру НКК реляционного типа представим на рис. 3.1.

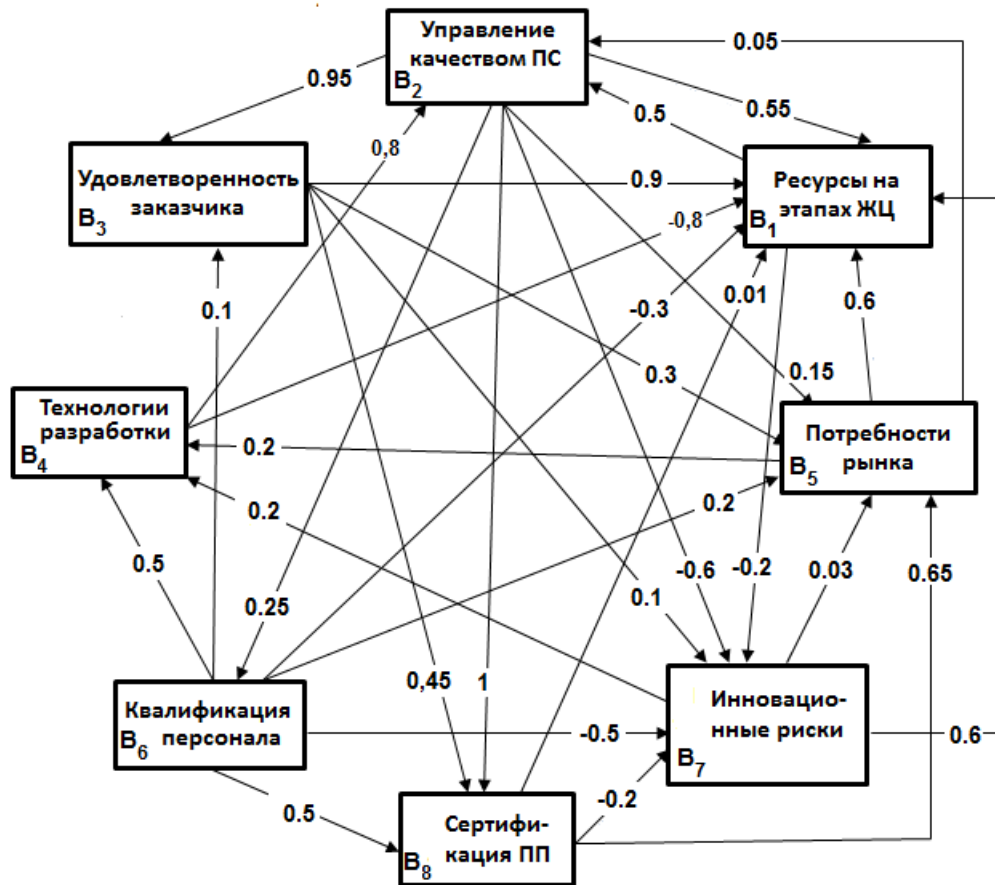


Рис. 3.1 – Структура нечеткой когнитивной карты для оценки факторов влияния на качество программных средств

Взаимодействие вершин графов, как взаимовлияние соответствующих концептов проиллюстрируем переходом от вершины 2 (ресурсы) к вершине 1 (управление качеством ПС). Для данного перехода справедлива композиция $\tilde{B}_1 = \tilde{B}_2 \circ \tilde{r}_{21}$. Данную композицию представим в форме функций принадлежности [135]:

$$\pi_{\tilde{B}_1}(x_1) = \pi_{\tilde{B}_2}(x_2) \wedge \pi_{\tilde{r}_{21}}(x_2, x_1).$$

Обсуждение логики построения НКК сводится к следующему:

- обеспечение высокого уровня качества ПС (концепт **B2**) строится на базе ресурсов (**B1**) (информационных, финансовых и др.), которые, также влияют на инновационные риски, уменьшая их, поэтому – отрицательная СВЯЗЬ;

- снижение инновационных рисков обеспечивается результатами сертификационной деятельности (**B8**), квалификацией обслуживающего персонала (**B6**), уровнем качества разработанных ПС (**B2**);

- удовлетворенность заказчика (**B3**) является положительным фактором для концепта ресурсов – в виде оплаты услуг и являясь косвенным стимулом развития рынка ПС (**B5**);

- технологический уровень (**B4**) положительно воздействует на качество программных продуктов (при разработке, при тестировании), требует расхода ресурсов на модернизацию и развитие (отрицательное влияние на (**B1**));

- уровень квалификации персонала (**B6**) способствует росту технологий, востребован на рынке, обеспечивает качественное взаимодействие с заказывающими организациями (**B3**), положительно сказывается на проведение сертификационных испытаний (**B7**), уменьшает инновационные риски за счет интеллектуального капитала, требует вложения средств на обучение – связь с концептом (**B1**) отрицательная (см. рис. 3.1).

Этап 5. Расчет зависимостей концептов на временном интервале с учетом взаимовлияния, как с положительными, так и с отрицательными обратными связями. Воспользовавшись матричными преобразованиями по выражению (3.2), при векторе начальных значений для концептов

$$B(0) = [0,5; 0,6; 0,01; 0,5; 0,2; 0,6; 0,35; 0,4]^T \quad (3.4)$$

и с учетом матрицы влияния концептов (см. таблицу 3.3) представим на рис. 3.2 соответствующие графики.

Для НКК первоначально фиксируется целевой фактор (ЦФ) (их может быть несколько), уровень значения концепта которого нам необходимо достигнуть. В данной задаче – это рост качества ПС, т.е. концепт **B2**. Затем рассматривают концепты, влияющие на концепт **B2**. Это могут быть дуги графа, непосредственно связанные с вершиной **B2**, а также более длинные цепочки, в которых вершина **B2** является промежуточным звеном. В этом случае фор-

мируют сценарии последовательных изменений весов r_{ij} , за счет повторного анализа факторов (аналитических и эмпирических данных, любой доступной априорной информации).

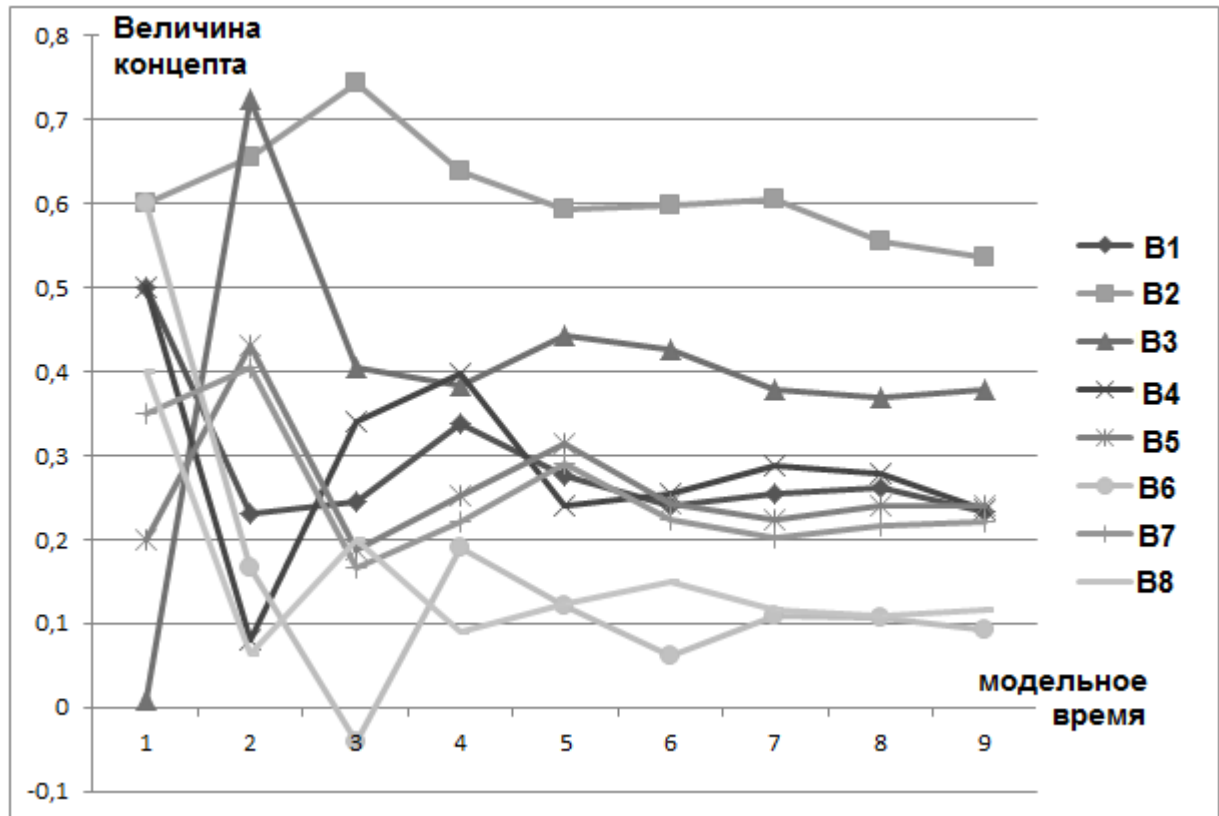


Рис. 3.2 – Результаты расчета значений концептов для нечеткой когнитивной карты в тактах модельного времени

Анализ матрицы влияния позволяет решать и обратную задачу, когда необходимо по значению конкретного концепта обосновать значения их весов влияния. Практически для всех концептов характерны участки самонастройки, после чего за счет системных свойств и взаимовлияния факторов в НКК наступает устойчивый режим.

Из анализа зависимостей изменения концептов во времени (см. рис. 3.2), можно сделать вывод о том, что, начиная с такта 7, система переходит в установившийся режим. В этом случае можно перейти от модели НКК к обычной КК. Тогда динамику взаимовлияния концептов будем представлять на основе следующей модели приращений значений концептов [37]:

$$B_j(t+1) = B_j(t) + \sum_{i=1}^n r_{ij} \Delta B_i(t), \quad (3.5)$$

где $\Delta B_i(t)$ – приращение значения i -го концепта в текущий момент времени t , влияющего на j -й концепт, а вся сумма в виде второго слагаемого в формуле (3.5) есть приращение j -го концепта с учетом весов влияния со стороны соседних вершин графа, связанных с j -м концептом.

Результаты исследования развития процесса с учетом выражения (3.5) представлены на рис. 3.3. Анализ графических зависимостей позволяет оценить скорость достижения требуемых значений концептов, например, по числу шагов моделирования, оценивания при этом динамику изменения величины приращения концепта. Кроме того, определяется влияние соседних концептов на целевой концепт в общей динамике моделируемой системы.

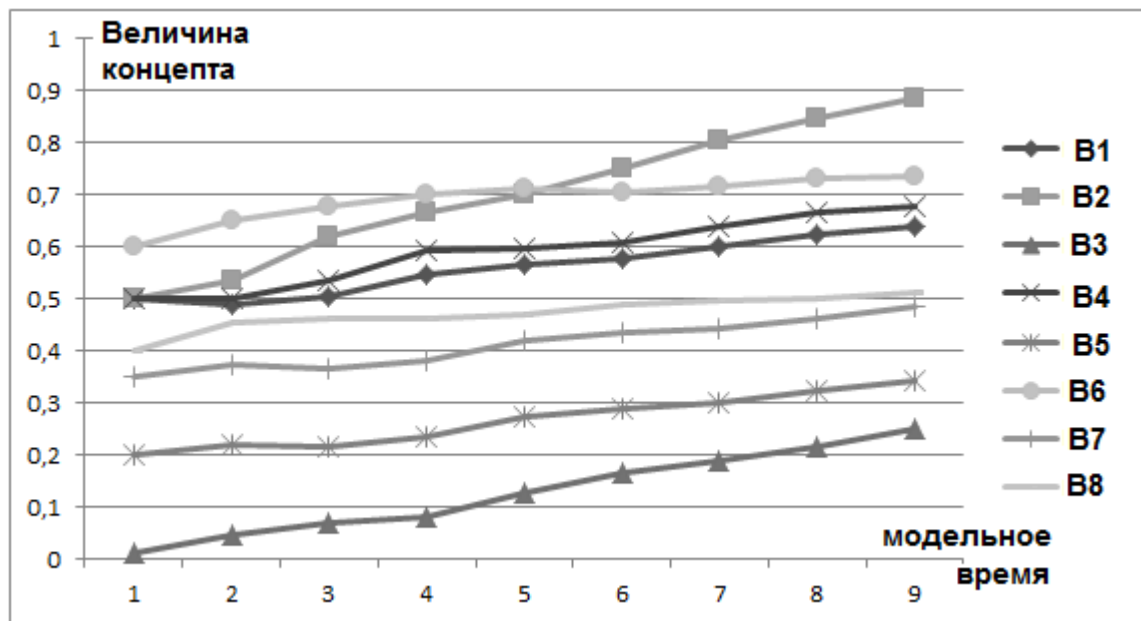


Рис. 3.3 – Структура нечеткой когнитивной карты для оценки факторов влияния на качество программных средств

Этап 6. Анализ результатов моделирования

НKK позволяет оценивать влияние на процессы регулирования параметров начального вектора состояния (3.4).

Таким образом, в результате когнитивного моделирования и анализа полученных результатов удастся получить:

- границы возможных действий и перспективные направления поиска решений для целевого фактора – повышения качества программных средств, за счет информационной и методической поддержки технологий сертификации программных продуктов;

- выявить факторы управления, обеспечивающие требуемые сценарии развития ситуации (см. выражение (3.5) – на примере линейной интерпретации), для оценки ситуации и устранения возможных негативных последствий от воздействия деструктивных факторов, влияющих на качество программных средств;

- оперативные оценки влияния множества факторов внешней и внутренней обусловленности на целевой концепт, включая их в состав когнитивной модели по итогам сложившейся технологической, коммуникативной, рыночной, конъюнктурной ситуации, полученной в ходе предварительного или постоянного мониторинга предметной области.

3.2. Модель обработки результатов экспертного оценивания в ходе сертификационных испытаний программных средств

Этап экспертизы программных средств является наиболее важным в ходе сертификационных испытаний ПП, когда на основании мнений экспертов об уровне заявленных показателей качества делается вывод о соответствии тестируемого образца ПП сертификационным требованиям. Обоснованность применения методов экспертного оценивания строится на том, что большинство методик контроля качества программных средств базируется на международных стандартах [6, 7], в которых широко применяется экспертный метод для определения оценочных элементов большинства факторов, например, «Сопровождаемость», «Удобство применения», «Эффективность».

В ходе обработки результатов экспертного оценивания (ЭО) необходимо определить согласованность мнений экспертов, уровень их компетентности, что позволяет выработать у ЛППР степень доверия к полученным результатам экспертизы. ЭО включает комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов-экспертов данных, их анализ и интерпретацию для обоснования принимаемых решений [107, 110].

При этом следует учитывать, что получаемые экспертные оценки носят субъективный характер, определяются уровнем квалификации экспертов, их предпочтений и приоритетов. В этой связи требуется совершенствовать не только методы экспертного оценивания при решении конкретных задач при испытании ПС, но и методы обработки получаемой экспертной информации.

Рассмотрим процедуру экспертного оценивания признаков качества ПС группой экспертов. Пусть каждый из экспертов (общее число экспертов – m) дает оценку каждому признаку из их общего числа n в виде:

$$x_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{если величина признака превышает требования эталона;} \\ 1, & \text{если параметры признака равны требованиям эталона;} \\ 0, & \text{если параметры признака равны требованиям эталона,} \end{cases} \quad (3.6)$$

где каждый элемент x_{ij} соответствует i -му признаку, полученному от j -го $j = \overline{1, m}$ эксперта.

Для каждого i -го признака качества мнения экспертов, с учетом выражения (3.6), можно представить в виде суммы:

$$m_i = m_{\text{ни}} + m_{=} + m_{\text{зи}}, \quad (3.7)$$

где $m_{\text{ни}}$ – число экспертов, определивших, что качество контролируемого признака заметно выше, чем у эталона; $m_{\text{зи}}$ – число экспертов, отдавших предпочтение по данному признаку эталону; $m_{=}$ – число экспертов, определивших, что показатель i -го признака качества у испытываемого образца равен эталонному уровню качества. Таким образом, можно считать, что сумма $(m_{\text{ни}} + m_{=})$ определяет количество положительных результатов оценивания

признака качества. Математическое ожидание для i -го признака качества запишем в виде:

$$\bar{x}_i = 2 \times \frac{m_{\pi i}}{m_i} + \frac{m_{\equiv}}{m_i} + 0.$$

С учетом состава мнений экспертов (3.7) выразим $m_{\equiv}$ и подставим в предыдущее выражение, тогда

$$\bar{x}_i = 1 + \frac{m_{\pi i} - m_{\varepsilon i}}{m_i}. \quad (3.8)$$

В таблице 3.4 представлены: результаты оценивания признаков качества – П1 – П14; пятью экспертами Э1 – Э5; суммарные оценки по каждому признаку – столбец «Сумма оценок»; средние оценки по каждому признаку (столбец «Средняя оценка»), как результат деления предыдущего столбца на 5 (число экспертов) и средние оценки по каждому эксперту (строка «Среднее по экспертам»).

Требуется сформулировать мнение относительно всех признаков качества, в том числе и относительно тех признаков, которые получили оценки «0».

Таблица 3.4 – Результаты экспертного оценивания

Признак	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Сумма оценок	Средняя оценка
П1	1	2	2	2	2	9	1,800
П2	0	2	1	2	2	7	1,400
П3	2	2	0	1	2	7	1,400
П4	2	2	2	2	1	9	1,800
П5	1	2	2	0	2	7	1,400
П6	2	2	2	2	2	10	2,000
П7	2	0	2	2	0	6	1,200
П8	2	2	2	2	2	10	2,000
П9	1	1	0	1	1	4	0,800
П10	2	1	2	2	2	9	1,800
П11	1	0	1	1	2	5	1,000
П12	2	1	0	1	2	6	1,200
П13	1	0	1	1	0	3	0,600
П14	2	1	0	0	2	5	1,000
Среднее по экспертам	1,500	1,286	1,214	1,357	1,571	97	
Норм_зн	0,216	0,186	0,175	0,196	0,227	1,000	

По модифицированной формуле Пирсона определим уровень согласованности результатов, полученных экспертами, путем сравнения каждого из контролируемых признаков качества с требуемыми значениями, в соответствии с выражением (3.6). Для этого результаты оценивания из таблицы 3.4 с учетом нормировки (см. строку «Норм_зн» в таблице 3.4), проведенной в соответствии с выражением для нормированных значений оценок от j -го эксперта:

$$\bar{N}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} / \sum_{j=1}^m \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right), \quad (3.9)$$

преобразуем, умножив на полученные коэффициенты – $\bar{N}_j$ из уравнения (3.9). Результаты представим в виде таблицы 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты оценивания согласованности экспертов

Признак	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Сумма	Модуль
П1	0,216	0,371	0,351	0,392	0,454	1,784	0,385
П2	0,000	0,371	0,175	0,392	0,454	1,392	0,007
П3	0,433	0,371	0,000	0,196	0,454	1,454	0,055
П4	0,433	0,371	0,351	0,392	0,227	1,773	0,375
П5	0,216	0,371	0,351	0,000	0,454	1,392	0,007
П6	0,433	0,371	0,351	0,392	0,454	2,000	0,602
П7	0,433	0,000	0,351	0,392	0,000	1,175	0,223
П8	0,433	0,371	0,351	0,392	0,454	2,000	0,602
П9	0,216	0,186	0,000	0,196	0,227	0,825	0,574
П10	0,433	0,186	0,351	0,392	0,454	1,814	0,416
П11	0,216	0,000	0,175	0,196	0,454	1,041	0,357
П12	0,433	0,186	0,000	0,196	0,454	1,268	0,130
П13	0,216	0,000	0,175	0,196	0,000	0,588	0,811
П14	0,433	0,186	0,000	0,000	0,454	1,072	0,326

Степень согласованности (C_{cr}) экспертов будем оценивать по выражениям [107, 110]:

$$C_{cr} = 1 - \frac{\Delta^2}{n(n-1)}; \quad \Delta = \sum_{i=1}^n |II_i - II|; \quad II = \frac{1}{n} \sum_i II_i, \quad (3.10)$$

где $\bar{P}$ – среднее значение для анализируемых признаков всеми экспертами, т.е. сумма элементов столбца «Сумма», деленная на общее число признаков – n . Столбец «Модуль» заполняется соответствующими значениями модулей $|P_i - \bar{P}|$ из выражения (3.10).

В результате расчета по (3.10) величина степени согласованности $C_{ст} = 0,87$, что соответствует «Высокому» уровню согласованности данной группы экспертов. Это можно интерпретировать, как высокий уровень доверия к полученным экспертным оценкам. Для данного подхода градация степени согласованности включает следующие категории, помещенные в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Интерпретация оценок относительно диапазонов на интервале $[0,1]$

№	Диапазон	Интерпретация оценки
1.	0,1-0,3	«Слабая» степень согласованности
2.	0,3-0,5	«Умеренная» согласованность
3.	0,5-0,7	«Заметная» согласованность
4.	0,7-0,9	«Высокая» степень согласованности
5.	0,9-1,0	«Весьма высокая» степень согласованности

Оценим уровень компетентности экспертов, под которым понимается способность эксперта решать поставленные задачи на основе опыта, индивидуальных особенностей, приобретенных специальных знаний в конкретной предметной области. При этом будем учитывать, как мнение эксперта коррелирует с групповым мнением всех экспертов, участвующих в эксперименте (экспертном оценивании).

Будем использовать результаты оценивания, представленные в таблице 3.4, которые предварительно нормируем по каждому эксперту. В итоге получим следующие данные, представленные в таблице 3.7.

Величины оценок по всем признакам у каждого эксперта определяем,

как $\lambda_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^n b_{ij}$, где значения b_{ij} взяты из таблицы 3.4.

Представим компетенции экспертов в виде вектора, который, по сути, является вектором весов экспертов. Иногда в команде присутствует более компетентный эксперт – некий гуру в определенной сфере деятельности, к мнению которого могут прислушиваться остальные эксперты, что можно определить оценкой компетентности:

$$K = (K_1 \cdots K_j \cdots K_m)^T; \sum_{j=1}^m K_j = 1, \quad (3.11)$$

где K – вектор компетентности для компактности записи представлен в транспонированной форме и приведено условие нормировки.

Таблица 3.7 – Результаты оценивания компетентности экспертов

Признак	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5
п1	0,047619	0,111111	0,117647	0,105263	0,090909
п2	0	0,111111	0,058824	0,105263	0,090909
п3	0,095238	0,111111	0	0,052632	0,090909
п4	0,095238	0,111111	0,117647	0,105263	0,045455
п5	0,047619	0,111111	0,117647	0	0,090909
п6	0,095238	0,111111	0,117647	0,105263	0,090909
п7	0,095238	0	0,117647	0,105263	0
п8	0,095238	0,111111	0,117647	0,105263	0,090909
п9	0,047619	0,055556	0	0,052632	0,045455
п10	0,095238	0,055556	0,117647	0,105263	0,090909
п11	0,047619	0	0,058824	0,052632	0,090909
п12	0,095238	0,055556	0	0,052632	0,090909
п13	0,047619	0	0,058824	0,052632	0
п14	0,095238	0,055556	0	0	0,090909
к(0)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
к(1)	0,1888	0,2069	0,2103	0,201	0,1929
к(2)	0,1881	0,207	0,211	0,2011	0,1925

Будем считать, что для компетентного эксперта характерна близость личного мнения к совокупному мнению группы, что выражается через выдаваемые им оценки контролируемым в ходе испытаний признакам качества.

Построим вектор компетентности методом последовательных приближений. Для этого в качестве начального значения вектора компетентности

$K(0)$ установим для всех экспертов одинаковые веса, которые определяются лишь общим числом привлекаемых экспертов (см. строку « $K(0)$ » в таблице 3.7) и условием (3.11). Аргументом при векторе $K(t)$ может выступать либо временной параметр, либо любая итерационная метка, например, шаг моделирования.

На *шаге 1* итерационного процесса определим промежуточный вектор весов из матричного уравнения, как

$$Q(1) = B^T B K(0), \quad (3.12)$$

где B^T – матрица размера $(m \times n)$ нормированных оценок (из таблицы 3.7); « T » – знак транспонирования; m – число экспертов; n – количество анализируемых признаков качества.

Для вектора $Q(1) = [q_1^{[1]}, \dots, q_j^{[1]}, \dots, q_m^{[1]}]^T$ определим суммарное значение по всем его составляющим, после чего получим j -е составляющие вектора компетентности для *шага 1*:

$$K_j(1) = q_j^{[1]} / \sum_{j=1}^m q_j^{[1]}. \quad (3.13)$$

В результате проведенного расчета по выражению (3.13) формируется вектор $K(1)$, который отражается в таблице 3.7 строкой « $K(1)$ ».

На *шаге 2* итерационного процесса по формуле (3.12) с учетом $K(1)$ определяется $Q(2)$, процесс повторяется и по (3.13) вычисляем вектор компетентности $K(2)$, который зафиксирован строкой « $K(2)$ » в таблице 3.7.

Признаком окончания итерационного процесса служить ограничение на максимальную величину модуля приращения – E_K по любой из составляющих вектора компетентности, т.е.

$$\max_j |K_j(t) - K_j(t-1)| < E_K. \quad (3.14)$$

На рис. 3.4 представлены изменения составляющих вектора компетентности по данным таблицы 3.7, куда не включены результаты 3-го шага, так как наблюдаемый процесс проявляет установившийся характер.

Дополнительный интерес представляют результаты исследований, которые представлены в таблицах 3.8. и 3.9. Так, данные в таблице 3.8 получены при одинаковых уровнях начальных состояний компетентности для всех пяти экспертов, составляющих 0,2. Для оценки скорости сходимости исследуемого процесса в зависимости от начальных уровней компетентности экспертов, изменяемые в ходе эксперимента от 0,05 до 0,95, получены данные, представленные в таблице 3.9.

Испытания *И1*, *И2*, *И3* характеризуются изменением (ростом) отрицательных результатов экспертизы при переходе от *И1* к *И2* и далее к *И3*.

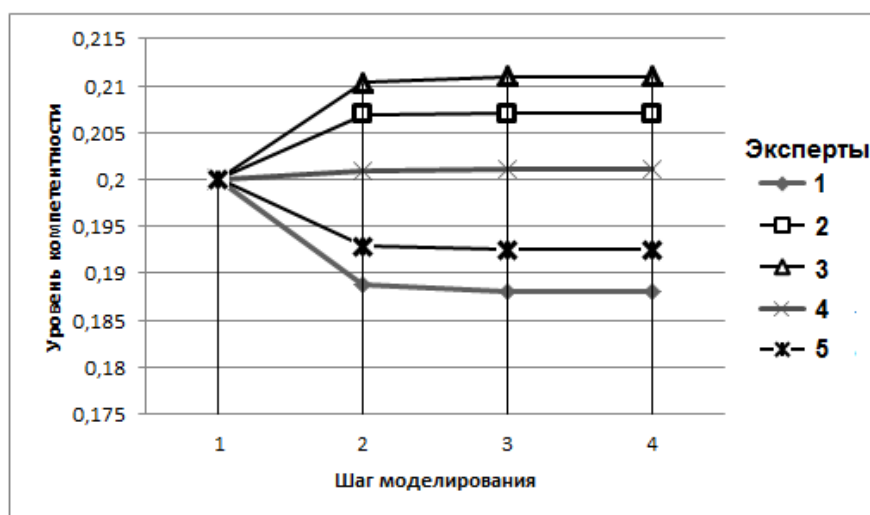


Рис. 3.4 – Динамика изменения составляющих вектора компетентности в зависимости от шага итерации

Таблица 3.8 – Результаты оценивания компетентности

Испытание	К(0)	К(1)	К(2)	К(3)
И1	0,2	0,1888	0,1881	0,1881
И2		0,1873	0,1855	0,1853
И3		0,1654	0,1584	0,1567
И1	0,2	0,2069	0,207	0,207
И2		0,2064	0,2071	0,2072
И3		0,2111	0,2142	0,2147
И1	0,2	0,2103	0,211	0,211
И2		0,207	0,2087	0,2091
И3		0,205	0,2089	0,2107
И1	0,2	0,2009	0,2011	0,2011

Испытание	К(0)	К(1)	К(2)	К(3)
И2	0,2	0,2131	0,2146	0,2148
И3		0,2208	0,2249	0,2263
И1		0,1929	0,1925	0,1925
И2		0,1859	0,1838	0,1835
И3		0,1975	0,1933	0,1913

Так, для испытания *И1* количество положительных исходов ($m_{+i} + m_{-}$) из выражения (3.7) составляет 82,9% относительно общего числа экспертных оценок в рассматриваемом эксперименте. В испытаниях *И2* число положительных исходов, составляет 67,1%, а в испытаниях *И3* – соответственно 55,7%. В строках «0» представлены данные по отрицательным заключениям, полученным от каждого эксперта в ходе проводимых испытаний.

Таблица 3.9 – Результаты оценивания компетентности при изменении К(0)

Испытание	К(0)	К(1)	К(2)	К(3)
И1	0,05	0,1843	0,188	0,1881
И2		0,1725	0,1845	0,1853
И3		0,1558	0,161	0,1587
И1	0,3	0,213	0,2077	0,207
И2		0,2048	0,2073	0,2072
И3		0,2305	0,2228	0,2179
И1	0,2	0,2007	0,2101	0,211
И2		0,1934	0,2065	0,2087
И3		0,159	0,1885	0,202
И1	0,4	0,1966	0,2006	0,2011
И2		0,2064	0,213	0,2148
И3		0,1898	0,2104	0,22
И1	0,95	0,2052	0,1933	0,1925
И2		0,2227	0,1885	0,1841
И3		0,2647	0,2174	0,2011

Таблица 3.10 – Результаты долей положительных и отрицательных исходов в экспертном оценивании

Испытания	Результат	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Соотношение исходов
И 1	«2»+«1»	13	11	10	12	12	82,9%
	«0»	1	3	4	2	2	17,1%
И 2	«2»+«1»	10	9	9	9	10	67,1%
	«0»	4	5	5	5	4	32,9%
И 3	«2»+«1»	10	8	7	7	7	55,7%
	«0»	4	6	7	7	7	44,3%

Таким образом, оценка эффективности результатов исследования показала, что применение разработанного подхода позволяет оценивать качество программных средств и определять внешние и внутренние факторы, влияющие на динамику изменения показателей качества программных продуктов.

Применение методов оценки компетентности экспертов, включенных в группу по оценке качества сертифицируемой продукции, позволяет повысить надежность экспертизы и адекватность применяемых методик оценивания.

Следует отметить, что формирование групп экспертов определяется многими факторами: предметной областью оцениваемых свойств и показателей, объемом оцениваемых данных, применяемыми измерительными шкалами и методами формирования балльных оценок, а также рядом дополнительных факторов, учитываемых при формировании моделей оценки компетентности экспертов.

3.3. Выводы по главе

1. Разработан состав факторов, структура модели нечеткой когнитивной карты и проведено имитационное моделирование процесса управления качеством программной продукции за счет организации и осуществления ее сертификации. Оценено влияние анализируемых концептов на целевой фактор – сертификации программных средств.

2. Разработанная модель нечеткой когнитивной карты позволяет получить результаты применительно к конкретным условиям функционирования, выраженным весами возможных переходов, а также учитываемыми в модели факторами: уровнем технологической разработки, квалификацией персонала, объемом ресурсов, инновационными рисками и др.

3. Эффективность управления моделью определяется пониманием ее структурных свойств, которые складываются из особенностей причинно-следственных отношений между факторами, включенными в состав когнитивной карты. В результате анализа структуры НКК исследуются такие системные свойства, как непротиворечивость, согласованность с целями, эффективность интегрального воздействия управляющих факторов на целевой (целевые) фактор (ы).

4. Проведено оценивание уровня компетентности команды экспертов, участвующих в ходе контроля показателей качества для сертифицируемых образцов программных средств. Подход по оценке компетентности экспертов позволяет повысить надежность экспертизы и адекватность применяемых методик оценивания рассматриваемых показателей качества.

5. Подход позволяет формировать группы профессиональных экспертов с требуемым уровнем согласованности и компетентности для решения задач оценивания качества разнотипных программных продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях активной информатизации всех сфер жизнедеятельности современного общества развитие информационных технологий приобретает доминирующий характер. Это определяет перманентно возрастающие требования к качеству всех видов функционального обеспечения существующих и разрабатываемых информационных систем. В настоящем исследовании основное внимание уделено повышению качества программного обеспечения за счет развития научно-методического подхода на этапах организации и проведения сертификационных испытаний программных комплексов.

Данное направление, являясь одним из видов метрологической деятельности, представляет собой сложный многоаспектный процесс, требующий инновационного обеспечения, который во многом зависит от обслуживающих его информационных систем. Существующие инфраструктуры распределенных информационных систем сертификации остро нуждаются в новых методических подходах, в современных аналитических и прикладных методах и алгоритмах. Целью этого процесса является унификация информационных процессов как в контурах управления испытательными технологиями, так на этапах аналитической обработки получаемых результатов.

Анализ работ отечественных и зарубежных исследователей показал, что, не смотря на обилие работ по системному исследованию информационных систем и их элементов, оценке качества программных продуктов, большинство из них не всегда применимы для аналитических исследований в ходе контроля качества. Существующая система показателей и методики их испытаний продолжают опираться на разработки начала 1990-х годов, хотя уже за прошедшие десятилетия неоднократно сменились поколения вычислительной техники, появились новые системы и языки программирования, операционные системы и моделирующие комплексы.

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача разработки научно-методического обеспечения для совершенствования

организации функционирования информационно-измерительных комплексов в составе испытательных лабораторий в ходе сертификации программных средств и оказания услуг в области подтверждения соответствия на основе разработки механизмов и методов представления информационных признаков и формирования баз данных.

В ходе диссертационного исследования получены следующие основные результаты.

1. В результате проведенного анализа организационных структур и решаемых задач испытательными центрами (лабораториями) в ходе сертификации программной продукции представляется целесообразным совершенствование информационных процессов испытаний осуществлять, как по направлению организационного обеспечения функционирования информационных систем, так и по прикладным аспектам, связанным с форматами представления данных в соответствующих распределенных базах данных о результатах сертификации.

2. Формирование баз данных для регистрации результатов поверочной деятельности испытательных лабораторий в ходе тестирования и контроля работоспособности программных средств должно проводиться на основе многомерных моделей, обеспечивающих высокое быстродействие в ходе информационного обмена и удобный интерфейс для операций ввода-вывода информации.

3. Разработана концептуальная схема решения задачи информационной поддержки процесса сертификации программных средств на этапах обработки результатов экспертного оценивания показателей качества программных продуктов и регистрации результатов испытаний в виде информационного образа базы данных.

4. Разработана модель построения информационных технологических последовательностей управления качеством в ходе сертификации программной продукции с применением аппарата теории мультимножеств.

5. Разработана модель распознавания признаков на основе статистического байесовского подхода на этапе контроля качества программных средств, характеризующихся в виде информационных образов.

6. Разработан алгоритм оценки внешних и внутренних факторов влияния на процесс организационного обеспечения информационных систем в ходе подготовки и проведения сертификационных испытаний программных продуктов, на основе анализа нечетких когнитивных карт.

7. Разработана модель оценивания согласованности мнений экспертов и уровня их компетентности при обработке результатов экспертного оценивания в ходе сертификационных испытаний программных средств, позволяющая в итоге формировать рабочие экспертные группы по различным направлениям проводимых экспертиз, тем самым повышая качество процесса принятия решений.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АИС	– автоматизированная информационная система;
АПС	– аппаратно-программные средства;
АСУ	– автоматизированная система управления;
БД	– база данных;
ГМС	– государственная метрологическая служба;
ГСИ	– Государственной системы обеспечения единства измерений;
ЖЦ	– жизненный цикл;
ИЛ	– испытательная лаборатория;
ИО	– информационное обеспечение;
ИР	– информационный ресурс;
ИС	– информационная система;
ИСО	– международная организация по стандартизации;
ИТ	– информационная технология;
КК	– когнитивная карта;
МД	– модель данных;
МИ	– методика испытаний;
МКД	– модель качества данных;
МКИ	– модель качества при использовании;
МКП	– модель качества продукта;
ММД	– многомерные модели данных;
НKK	– нечеткая когнитивная карта;

НПК	– номенклатура показателей качества;
ПК	– показатель качества;
ПО	– программное обеспечение;
ПП	– программный продукт;
ППС	– прикладные программные средства;
ПС	– программное средство;
РБД	– распределенная база данных;
РеБД	– реляционная база данных;
РИСС	– распределенная информационная система сертификации
СИ	– средства измерений;
СУБД	– система управления базой данных;
ТО	– техническое обеспечение;
ЭО	– экспертное оценивание;
MOLAP	– БД с многомерной структурой данных;
OLAP	– On-Line Analytical Processing;
ROLAP	– БД с реляционной структурой данных

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://210fz.ru/zakon-ob-obespechenii-edinstva-izmerenij/> (дата обращения: 20.05.2017).
2. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». – М.: Издательство «Омега-Л», 2006. – 24 с.
3. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». – М.: Издательство «Омега-Л», 2014. – 52 с.
4. Указ Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646 «Об утверждении доктрины информационной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71456224/> (дата обращения 02.04.2017).
5. ГОСТ 20886-85. Организация данных в системах обработки данных. Термины и определения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2005. – 8 с.
6. ГОСТ 28195-89. Оценка качества программных средств. Общие положения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990. – 30 с.
7. ГОСТ 28806-90. Качество программных средств. Термины и определения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009077> (дата обращения 02.04.2017).
8. ГОСТ Р 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 16 с.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководство по применению. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.

10. ГОСТ Р 51170-98. Качество служебной информации. Термины и определения. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1998. – 8 с.
11. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 62 с.
12. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000. Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2006. – 14 с.
13. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2011. – 102 с.
14. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 36 с.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 74 с.
16. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2013. – 21 с.
17. ГОСТ Р 51000.4-2011. Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2013. – 16 с.
18. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2014. – 28 с.
19. ГОСТ Р 56174-2014. Информационные технологии. Архитектура служб открытой грид-среды. Термины и определения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2014. – 19 с.
20. ГОСТ Р 8.820-2013. Государственная система обеспечения единства

измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2014. – 8 с.

21. ГОСТ Р 7.0.94-2015 СИБИБД. Комплектование библиотеки документами. Термины и определения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2016. – 34 с.

22. ГОСТ Р 8.654-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2016. – 8 с.

23. ГОСТ Р 8.883-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Программное обеспечение средств измерений. Алгоритмы обработки, хранения, защиты и передачи измерительной информации. Методы испытаний. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2016. – 16 с.

24. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2015. – 36 с.

25. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 32 с.

26. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН. – 2006. – С. 26-39.

27. Аль-Бусаиди С.С.С., Соседов Г.А., Пономарев С.В. Формирование, внедрение и практическое применение процессов системы менеджмента в испытательной лаборатории, ориентированной на производственную, коммерческую и образовательную сферы деятельности: Монография. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 120 с.

28. Ананьева Т.Н., Новикова Н.Г., Исаев Г.Н. Стандартизация, сертификация и управление качеством программного обеспечения: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 232 с.

29. Ахрем А.А., Макаров И.М., Рахманкулов В.З., Ровкин И.О. Повы-

шение производительности и масштабируемости реляционных хранилищ данных и OLAP-систем // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2007. – № 3. – С. 59-70.

30. Байрамов К.Р., Бетанов В.В., Ступак Г.Г., Урличич Ю.М. Управление космическими объектами. Методы, модели и алгоритмы решения некорректных задач навигационно-баллистического обеспечения: Монография. – М.: Радиотехника, 2012. – 360 с.

31. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационно-управляющих систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 255 с.

32. Баранов В.В. Динамическая диагностика и принятие решений в условиях неопределенности // Кибернетика и системный анализ. – 1994. – № 3. – С. 87-104.

33. Бедердинова О.И., Коряковская Н.В., Бойцова Ю.А. Информационная модель автоматизированной системы оценки качества программных средств // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 1. – С. 107–113.

34. Белобрагин В.Я., Зажигалкин А.В., Зворыкина Т.И. Основы стандартизации: Учебное пособие. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2017. – 516 с.

35. Белов В.В., Смирнов А.Е., Чистякова В.И. Распознавание нечётко определяемых состояний технических систем. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 140 с.

36. Беркетов Г.А., Микрюков А.А., Цуркин А.П. Решение задач прогнозирования состояния и управления жизненным циклом сложных технических комплексов методами распознавания образов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2014. – № 1. – С. 138-143.

37. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 284 с.

38. Бозм Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения: Пер. с англ. / Под ред. А.А. Красилова. – М.: Радио и связь, 1985. – 512 с.

39. Буй Д.Б., Богатырева Ю.А. Теория мультимножеств: библиография, применение в теории табличных баз данных // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 7. – С. 56-60.
40. Бураков В.В. Формальный базис для оценки качества программных средств // Известия вузов. Приборостроение. – 2009. – № 1. – С. 31-38.
41. Бурый А.С. Оптимальное резервирование при формировании оценок в многоэтапных системах переработки информации // Известия вузов. Приборостроение. – 1997. – № 1. – С. 7-12.
42. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложными техническими комплексами в автоматизированном информационном пространстве // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 8. – С. 145-162.
43. Бурый А.С. Информационное пространство сетевого взаимодействия в клиентской среде // Транспортное дело России. – 2011. – № 8. – С. 156-158.
44. Бурый А.С., Стреха А.А. Когнитивный подход к управлению организационными изменениями предприятий // Транспортное дело России. – 2015. – № 4. – С. 3-6.
45. Бурый А.С. Отказоустойчивые распределенные системы переработки информации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 128 с.
46. Бурый А.С., Усцелемов В.Н. Организация информационной безопасности в автоматизированных системах управления. [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Интернет-журнал. – 2016. – № 5(33).
47. Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: Учебник и практикум для бакалавров. – М.: Изд-во «Юрайт», 2016. – 502 с.
48. Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б. Интеллектуальные системы. Теория хранения и поиска информации. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство «Юрайт», 2017. – 289 с.
49. Герасимова Е.Б., Герасимов Б.И. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие. – 2-е изд. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015.

– 224 с.

50. Глазов Б.И. Методологические основы информационно-кибернетической системотехники. – М.: РВСН, 1992. – 171 с.

51. Горелик А.Л., Скрипник В.А. Методы распознавания: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 232 с.

52. Григорьев Ю.А., Зеленков С.Ю. Сравнение технологий хранения данных в OLAP-системах // Организация баз данных. – 2001. – № 1. – С. 3-12.

53. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 1328 с.

54. Дли М.И., Стоянова О.В. Информационно-аналитическая система управления производственными проектами машиностроения в условиях неопределенности // Программные продукты и системы. – 2015. – № 3(111). – С. 49-56.

55. Дружинин Г.В., Сергеева И.В. Качество информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 172 с.

56. Дунаев В.В., Поляков О.М., Фролов В.В. Алгоритмические основы испытаний. – Л.: МО СССР, 1991. – 427 с.

57. Емельянова Н.З., Партыка Т.Л., Попов И.И. Проектирование информационных систем: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ, 2013. – 432 с.

58. Ермакова М.В., Галанин С.Ю. Опыт разработки и внедрения АСУ метрологической службы предприятия // Системная интеграция. – 1997. – № 1. – С. 50-54.

59. Жарко Е.Ф. Сравнение моделей качества программного обеспечения: аналитический подход // XII-е Всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды. – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 4585-4594.

60. Заботнев М.С. Методы представления информации в разреженных гиперкубах данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.olap.ru/basic/theory.asp> (дата обращения: 16.03.2017).

61. Зафиевский А. В., Короткин А. А., Лататуев А. Н. Базы данных: Учебное пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2012. – 164 с.
62. Зубков А.В. Синхронизация модификаций денормализованных данных в приложениях LOTUS NOTES/DOMINGO // Вестник ТГУ. – 2003. – № 280. – С. 272-274.
63. Зыкин С.В. Формирование гиперкубового представления данных со списочными компонентами // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2010. – № 4. – С. 38-46.
64. Ириков В.А., Тренев В.Н. Распределенные системы принятия решений. Теория и приложения. – М.: Наука, Физматлит, 1999. – 288 с.
65. Исаев Г.Н. Управление качеством информационных систем: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 248 с.
66. Казаков И.А., Манцивода А.В. Базы данных как онтологии // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Математика. – 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 20-30.
67. Калман Р.Э., Фалб П.Л., Арбиб М.А. Очерки по математической теории систем. Пер с англ. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
68. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. – М.: Мир, 1982. – 216 с.
69. Катулев А.Н., Северцев Н.А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности. – М.: Физико-математическая литература, 2000. – 320 с.
70. Квасницкий В.Н., Стреха А.А. Совершенствование комплекса информационно-коммуникационного обеспечения ведения бизнеса как фактор получения конкурентного преимущества // Транспортное дело России. – 2012. – № 6-2. – С. 182-184.
71. Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

72. Кириллов Н.П. Концептуальные модели технических систем с управляемыми состояниями: обзор и анализ // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – № 4. – С. 81-91.

73. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.

74. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы: Теория и технология разработки. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 711 с.

75. Колесников А.В., Кириков И.А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных системы. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с.

76. Колесникова С.И. О подходах к оцениванию информативности признаков в тестовом распознавании // Известия ТПУ. – 2006. – Т. 309. – № 8. – С. 23-28.

77. Колесникова С.И., Янковская А.Е. Оценка значимости признаков для тестов в интеллектуальных системах // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2008. – № 6. – С. 99-112.

78. Колчков В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник. – М.: Гуманитарно-издательский центр «ВЛАДОС», 2010. – 398 с.

79. Корсун А.В. Методика обоснования вариантов развития прикладных распределенных информационных систем: Автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.25.05. – М., 2011.

80. Кульба В.В. Теоретические основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных / В.В. Кульба [и др.]. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 660 с.

81. Кульба В.В., Мамиконов А.Г., Шелков А.Б. Резервирование программных модулей и информационных массивов в АСУ // Автоматика и телемеханика. – 1980. – № 8. – С. 133-141.

82. Липаев В.В. Сертификация программных средств. Учебник. – М.: СИНТЕГ, 2010. – 348 с.

83. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Наука, 2005. – 248 с.

84. Ловцов Д.А. Лингвистическое обеспечение правового регулирования информационных отношений в инфосфере. II. Качество информации / Правовая информация. – 2015. – № 2. – С. 52-60.

85. Ломакин М.И., Глушакова Е.В. Оценка качества продукции в условиях потребительской неопределенности // Транспортное дело России. – 2014. – № 5. – С. 145-147.

86. Ломакин М.И., Докукин А.В. Функции единой информационной системы по техническому регулированию в рамках концепции электронного государства // Перспективы науки. – 2011. – № 12(27). – С. 230-233.

87. Ломакин М.И., Докукин А.В. Интеграция российских инновационных предприятий в мировую экономику на основе развития информационного обеспечения стандартизации // Российское предпринимательство. – 2012. – № 2(200). – С. 109-119.

88. Ломакин М.И., Докукин А.В., Стреха А.А. Развитие системы информационного обеспечения стандартизации: Монография. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2015. – 176 с.

89. Лукин В.Л., Сухорученков Б.И., Кузнецов В.И. Статистический метод выявления аномальных результатов измерений характеристик технических систем // Двойные технологии. – 2010. – № 2(51). – 32-40.

90. Ляндау Ю.В., Стасевич Д.И. Теория процессного управления: Монография. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 118 с.

91. Марков А.С., Цирлов В.Л. Сертификация программ: мифы и реальность // Открытые системы. СУБД. – 2011. – № 6. – С. 26-29.

92. Месарович М., Такахара И. Общая теория систем. – М.: Мир, 1978. – 312 с.

93. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. Курс лекций. – М.: Ф-т ВМиК МГУ, кафедра ММП, 2002. [Электронный ре-

сурс]. – URL: http://www.ict.edu.ru/lib/index.php?id_res=4696. (дата обращения 31.08.2017).

94. Методы оценки несоответствия средств защиты информации / А.С. Марков, В.Л. Цирлов, А.В. Барабанов; под ред. А.С. Маркова. – М.: Радио и связь, 2012. – 192 с.

95. МИ 2365-96 ГСИ. Шкалы измерений. Основные положения. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://snip.g-ost.ru/52281.html> (дата обращения 17.11.2017).

96. МИ 2955-2010 ГСИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 22 с.

97. Минько Э.В., Минько А.Э. Менеджмент качества: Учебное пособие. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2013. – 272 с.

98. Миронов В.В., Макарова Е.С. Агрегация показателей в OLAP-кубе при сведении по зависимым измерениям // Вестник УГАТУ. – 2012. – Т. 16. – № 3(48). – С.180-186.

99. Мистров Л.Е., Первухин Д.А., Ильюшин Ю.В. Метод технического синтеза обеспечивающих функциональных организационно-технических систем // Перспективы развития информационных технологий. – 2013. – № 13. – С. 94-100.

100. Мистров Л.Е. Метод организационно-функционального синтеза организации производства предприятий // Организатор производства. – 2014. – № 2. – С. 5-17.

101. Монахов М.Ю., Семенова И.И. Когнитивная модель оценки уровня достоверности информации в синтезируемой научно-производственной документации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=12147> (дата обращения: 28.12.2017).

102. Морин Е.В. Метрологическое обеспечение учета и потребления энергоресурсов // Компетентность. – 2014. – № 7(118). – С. 41-44.

103. Морин Е.В. Особенности организации функционирования испытательных лабораторий на этапе сертификации программных продуктов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2017. № 5(39).

104. Морин Е.В., Бурый А.С. Оценка качества на этапе сертификации программных средств // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2017. – № 3(37).

105. Морин Е.В., Бурый А.С. Структурирование информационных данных при сертификации программных продуктов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2017. – № 5(39).

106. Морин Е.В., Панкина Г.В. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений». Система управления поверочной деятельностью // Компетентность. – 2014. – № 3(114). – С. 42-47.

107. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

108. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: Словарь системы основных понятий. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. – 208 с.

109. Омельченко В.В. Общая теория классификации. Часть 2. Теоретико-множественные основания. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 296 с.

110. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: Учебник в 3 ч. – Ч. 2: Экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.

111. Отчет об итогах деятельности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в 2016 году. – М.: ООО «Юриспруденция», 2017. – 104 с.

112. Охтиев М.Ю., Соколов М.Ю., Юсупов Р.М. Теоретические и технологические основы концепции проактивного мониторинга и управления

сложными объектами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 1(162). – С. 162-174.

113. Петровский А.Б. Групповое многокритериальное принятие решений с несовпадающими предпочтениями // Научные ведомости. – 2009. – № 15. – С. 151-160.

114. Петровский А.Б., Лобанов В.Н. Многокритериальный выбор в пространстве признаков большой размерности: мультиметодная технология ПАКС-М // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – № 3. – С. 92-104.

115. Петровский А.Б., Ройзензон Г.В. Многокритериальный выбор с уменьшением размерности пространства признаков: многоэтапная технология ПАКС // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – № 4. – С. 88-103.

116. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. – Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Логос, 2001. – 296 с.

117. Проблемы программно-целевого планирования и управления / Под ред. Г.С. Поспелова. – М.: Наука, 1981. – 460 с.

118. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 384 с.

119. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

120. Савкин В. Принципы управления качеством программ // Открытые системы. СУБД. – 2008. – № 6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.osp.ru/os/2008/06/5344965> (дата обращения 07.08.2017).

121. Сарычева Л.В. Выбор информационных признаков и поиск наилучшей кластеризации: единый подход к классификации методов // Интеллектуальный анализ информации (ИАИ-2007): Материалы VII-ой международной конференции (г. Киев, 15-18 мая 2007 г.). – К.: НГУУ «КП», 2007.

– С. 4-10.

122. Северцев Н.А., Дедков В.К. Системный анализ и моделирование безопасности. – М.: Высшая школа, 2006. – 462 с.

123. Серебряков В.А. Семантическая интеграция данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://sp.cmc.msu.ru/proseminar/2012/serebryakov.2012.04.20.pdf> (дата обращения 06.11.2017).

124. Сизов А.С., Шельдешов С.И. Формализация многомерных слабоструктурированных данных на основе разреженных гиперкубов // Инновации в информационно-аналитических системах: Сб. науч. трудов. – Курск: Наукком, 2013. – Вып. 5. – С. 7-15.

125. Слаев В.А., Чуновкина А.Г. Аттестация программного обеспечения, используемого в метрологии: Справочная книга / Под ред. В.А. Слаева. – СПб.: «Профессионал», 2009. – 320 с.

126. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.

127. Соколов Б.В. Динамические модели и алгоритмы комплексного планирования работы наземных технических средств с навигационными космическими аппаратами // Труды СПИИРАН. – 2010. – № 2(13). – С. 7–44.

128. Солодовников В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления. – М.: Наука, 1990. – 168 с.

129. Стандартизация в России. 1925-2005. – М.: ФГУ «КВФ «Интер-стандарт», 2005. – 248 с.

130. Сундеев П.В. Автоматизация анализа функциональной стабильности критичных информационных систем // Научный журнал КубГАУ. – 2004. – № 3. [Электронный ресурс]. – URL: <http://ej.kubagro.ru>. (дата обращения 05.01.2016).

131. Таганов А.И. Основы идентификации, анализа и мониторинга проектных рисков качества программных изделий в условиях нечеткости. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 224 с.

132. Терехов А. Прогноз развития digital-рынка на 2017 год // COSSA.RU: информационный портал о маркетинге и коммуникациях в цифровой среде. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.cossa.ru/152/154262/> (дата обращения: 15.03.2017).

133. Техническое регулирование и управление качеством / Под ред. Е.П. Мышелова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2017. – 256 с.

134. Ульяновская Ю.В. Применение методов кластерного анализа для оценки нечеткой несогласованной экспертной информации // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 5. – № 4(59). – С. 21-24.

135. Федулов А.С., Борисов В.В. Модели системной динамики на основе нечетких реляционных когнитивных карт // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 1. – С. 66-80.

136. Цвиркун А.Д., Акинфиев В. К. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем: синтез и планирование развития. – М.: Наука, 1993. – 157 с.

137. Цехановский В.В., Чертовский В.Д. Управление данными: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 432 с.

138. Черняк А. Аналитика неструктурированных данных // Открытые системы. СУБД. – 2012. – № 6. – С. 30-34.

139. Чирков А. П. Оптимизация управления деятельностью поверочных лабораторий по критериям оценки качества измерений: Дисс. канд. техн. наук: 05.02.23, 05.11.15. – М., 2004. – 160 с.

140. Шаракшанэ А.С., Халецкий А.К., Морозов И.А. Оценка характеристик сложных автоматизированных систем. – М.: Машиностроение, 1993. – 271 с.

141. Шлезингер М.И., Главач В. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию образов. – К.: Наукова думка, 2004. – 545 с.

142. Штрик А.А., Осовецкий Л.Г., Мессих И.Г. Структурное проектирование надежных программ встроенных ЭВМ. – Л.: Машиностроение, 1989. – 296 с.
143. Шустова Л.И., Тараканов О.В. Базы данных: Учебник. – М.: Инфра-М, 2016. – 304 с.
144. Щербатов И.А. Математические модели сложных слабоформализуемых систем: компонентный подход // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2(22). – С. 70-78.
145. Юсупов Р.М., Заболотский В.П. Научно-методические основы информатизации. – СПб.: Наука, 2000. – 455 с.
146. Brown R. G. Not just observable, but how observable? // National Electronics Conference Proceedings. – 1966. – No. 22. – pp. 409-714.
147. Carvalho, M. Using alloy for verifying the integration of OLAP preferences in a hybrid what-if scenario application / M. Carvalho, O. Belo // Intelligent Decision Technologies 2017. Smart Innovation, Systems and Technologies. – Springer, 2017. – Vol. 72. – pp. 37-47.
148. Kalman R. E., Ho Y.C., Narendra K.S. Controllability of linear dynamical systems // Contributions to the Theory of Differential Equations. – 1963. – Vol. I, – No. 2. – pp. 189-213.
149. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // Intern. Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 1. – pp. 65 - 75.
150. Pedersen T.B., Gu J., Shoshani A., Jensen C.S. Object-extended OLAP querying // Data & Knowledge Engineering. – 2009. – Vol. 68. – pp. 453-480.
151. Singh D., Ibrahim A.M., Yohanna T., Singh J.N. An Overview of the Applications of Multisets // Novi Sad Journal of Mathematics. – 2007. – Vol. 37. – No 2. – pp. 73–92.
152. Таксономия методов машинного обучения и оценка качества классификации и обучаемости / Р.И. Мухамедиев, Е.Л. Мухамедиева, Я.И. Кучин // Электронный журнал Cloud of Science. – 2015. – Т. 2. – № 3 [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <http://cloudofscience.ru> (дата обращения: 11.10.2017).

153. Экспорт российской индустрии разработки программного обеспечения. НП «РУССОФТ», 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.russoft.ru/report/4304> (дата обращения 02.04.2017).