

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО РГУПС)

На правах рукописи

Цуриков Александр Николаевич

**ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И СТРУКТУРНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Специальность: 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (на транспорте)

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель:
д.т.н., профессор А.Н. Гуда

Ростов-на-Дону
2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений	4
Введение	8
Глава 1. Аспекты технологического процесса принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте в условиях возникновения ЧС	20
1.1. Особенности ЧС на железнодорожном транспорте и принятия управленческих решений при их возникновении.....	20
1.2. Лица, участвующие в процессе принятия решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, и их обязанности.....	25
1.3. Обзор информационных систем, функционирующих в системе управления железнодорожным транспортом.....	32
1.4. Основные направления решения задач интеллектуализации и автоматизации процесса принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте при возникновении ЧС.....	40
1.5. Выводы по главе 1.....	50
Глава 2. Интеллектуализация поддержки принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте	52
2.1. Задачи классификации, решаемые при принятии управленческих решений в условиях возникновения ЧС, и особенности их интеллектуализации.....	52
2.2. Проблемы применения существующих технологий интеллектуализации и пути их решения.....	59
2.3. Метод обучения искусственной нейронной сети на основе знаний эксперта и его алгоритмы.....	65
2.4. Устройство обучения искусственной нейронной сети.....	75
2.5. Применение метода обучения искусственной нейронной сети для решения актуальных при ЧС задач классификации.....	80
2.6. Выводы по главе 2.....	89

Глава 3. Автоматизация информирования ЛПР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте.....	91
3.1. Совершенствование методов информирования ЛПР при возникновении ЧС с использованием мобильных телекоммуникационных технологий.....	91
3.2. Устройство информирования внешних ЛПР второго уровня при возникновении ЧС.....	99
3.3. Выбор средств реализации метода информирования внешних ЛПР второго уровня при возникновении ЧС.....	104
3.4. Программная реализация устройства информирования внешних ЛПР второго уровня при возникновении ЧС.....	113
3.5. Выводы по главе 3.....	119
Глава 4. Вопросы реализации автоматизированной информационной системы поддержки принятия управленческих решений.....	122
4.1. Моделирование системы поддержки принятия управленческих решений на концептуальном уровне.....	122
4.2. Структура и режимы функционирования автоматизированной СППУР при возникновении ЧС.....	130
4.3. Аспекты практической реализации элементов СППУР.....	140
4.4. Выводы по главе 4.....	148
Заключение.....	150
Список использованных источников.....	152
Приложение А. Патенты и свидетельства, полученные по результатам исследования.....	165
Приложение Б. Документы, подтверждающие использование и апробацию результатов исследования.....	172

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АС ТРА – автоматизированная система ведения технико-распорядительных актов железнодорожных станций.

АСОУП – автоматизированная система оперативного управления перевозками.

АСТПП – автоматизированная система технической подготовки производства.

АСУ – автоматизированная система управления.

АСУ ГС – автоматизированная система управления грузовой станции.

АСУ СС – автоматизированная система управления сортировочной станции.

АСУЖТ – автоматизированная система управления железнодорожным транспортом.

АСУП – автоматизированная система управления производством.

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами.

АХОВ – аварийно химически опасное вещество.

БД – база (банк) данных.

ВМ – взрывчатые материалы.

ВНИИЖТ – Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта.

ВП – восстановительный поезд.

ГВЦ – главный вычислительный центр.

ГИД – система автоматизированного ведения графика исполненного движения.

ГИС – географическая информационная система.

ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система.

ГОСТ – государственный стандарт.

ДГПС – старший (по району управления) дорожный диспетчер.

ДИСПАРК – информационная автоматизированная система учета, контроля дислокации, анализа использования и регулирования парка вагонов.

ДНЦ – поездной диспетчер.

ДРУ – дежурный по району управления железной дороги.

ДС – начальник станции.

ДСЗ – заместитель начальника станции.

ДСП – дежурный по станции.

ДСЦ – маневровый диспетчер.

ДЦУП – дорожный центр управления перевозками.

ЖТСЧС – железнодорожная транспортная система предупреждения и ликвидации ЧС.

ИВЦ – информационно-вычислительный центр железной дороги.

ИКСАР СЦ – интеграционный комплекс систем автоматизации работы ситуационного центра.

ИНС – искусственная нейронная сеть.

ИСУЖТ – единая интеллектуальная система управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте.

КАСАНТ – комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности.

КАСАТ – комплексная автоматизированная система учета и анализа случаев технологических нарушений.

КОГРА – когнитивная система для графической интерпретации данных и представления ситуаций.

КС АРМ – комплексная система автоматизированных рабочих мест.

КЧС – комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС.

ЛПР – лицо, принимающее решения.

МВД – Министерство внутренних дел.

МИИТ – Московский государственный университет путей сообщения (МГУПС).

МТ – мобильный терминал (телефон).

МЧС – Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Н – начальник железной дороги.

НЗ – заместитель начальника железной дороги.

НИИАС – Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте.

НТД – нормативно-техническая документация.

ОГ – опасный груз.

ОСКАР – оперативная система контроля и анализа эксплуатационной работы.

ОУС ОАО «РЖД» – Объединенный ученый совет ОАО «РЖД».

ПГУПС – Петербургский государственный университет путей сообщения.

ПП – пожарный поезд.

ПТК ГБД – программно-технологический комплекс геоинформационной базы данных железнодорожного транспорта.

РБ – ревизор по безопасности движения поездов.

РГУПС – Ростовский государственный университет путей сообщения.

РЖД – Российские железные дороги.

РСЧС – единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС.

РФФИ – Российский фонд фундаментальных исследований.

СГУПС – Сибирский государственный университет путей сообщения.

СИРИУС – сетевая интегрированная российская информационно-управляющая система.

СКЖД – Северо-Кавказская железная дорога.

СКМ ОГ – ситуационно-аналитический комплекс компьютерного моделирования транспортных происшествий при перевозках опасных грузов на железнодорожном транспорте.

СМОГ – система мониторинга опасных грузов.

СППУР – система поддержки принятия управленческих решений.

СТЦ – станционный технологический центр.

СЦ – ситуационный центр мониторинга и управления ЧС ОАО «РЖД».

СЦБ – устройства сигнализации, централизации и блокировки.

ТП – технологический процесс.

ТРА – техническо-распорядительный акт железнодорожной станции.

ЦУМР – центр управления местной работой.

ЦУП РЖД – центр управления перевозками ОАО «РЖД».

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ЭТРАН (Электронная ТРАнспортная Накладная) – автоматизированная система подготовки и оформления перевозочных документов.

ЮФ ВНИИ ГОЧС – Южный филиал Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России.

BMP (англ. *Bitmap Picture*) – формат хранения растровых изображений.

BYOD (англ. *Bring Your Own Device*) – дословно «принеси свое собственное устройство», концепция, предполагающая использование сотрудниками предприятия собственных мобильных устройств для доступа к информации предприятия, необходимой им для выполнения служебных обязанностей.

DLL (англ. *dynamic-link library*) – динамически подключаемая библиотека.

E-mail (англ. *electronic mail*) – электронная почта.

GPS (англ. *Global Positioning System*) – спутниковая система глобального позиционирования (навигации).

GSM (англ. *Global System for Mobile Communications*) – глобальный стандарт систем цифровой мобильной связи.

GSM-R (англ. *GSM-Railway*) – стандарт систем цифровой мобильной связи для железных дорог на основе *GSM*.

PLAN (англ. *Personal Localized Alerting Network*) – система *SMS*-оповещения о ЧС, разработанная в США.

RFID (англ. *Radio Frequency Identification*) – технология автоматической радиочастотной идентификации объектов, снабженных *RFID*-метками.

SMS (англ. *Short Messaging Service*) – служба коротких сообщений, а также сообщения этой службы.

SQL (англ. *Structured Query Language*) – структурированный язык запросов.

UML (англ. *Unified Modeling Language*) – унифицированный язык моделирования.

ВВЕДЕНИЕ

Объекты железнодорожного транспорта являются потенциально опасными с точки зрения возникновения ЧС. Вероятность возникновения ЧС велика на станциях массовой переработки и проследования ОГ, либо вблизи от них. При возникновении ЧС своевременно принятые управленческие решения по ее ликвидации со стороны ЛПР, способствуют минимизации последствий ЧС, быстрому восстановлению движения при минимальных материальных потерях и сохранении жизни, здоровья людей.

ЛПР ступени принятия решений линейного пункта (станции), выполняют совокупность операций, составляющих этапы ТП принятия управленческих решений при возникновении ЧС, являющегося частью ТП работы железнодорожной системы, от которых во многом зависит успешная ликвидация ее последствий. Эффективное выполнение операций такого сложного ТП сегодня требует использования автоматизированных информационных систем поддержки принятия управленческих решений (СППУР), содержащих в себе элементы искусственного интеллекта, и сочетающих точные математические методы с алгоритмами поиска решений, базирующимися на знаниях экспертов.

В контексте диссертации акцент делается на управленческие решения, принимаемые оперативно-диспетчерским персоналом линейных предприятий железнодорожного транспорта, руководством, согласование со структурами МЧС и так далее. Генерация управляющих воздействий на исполнительные объекты, такие как стрелки, сигналы, светофоры и тому подобное в системах СППУР не предусматривается.

В настоящий момент на железнодорожном транспорте находится в эксплуатации более двухсот автоматизированных информационных систем и программно-технических комплексов, функционирующих в рамках Автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ). Однако, АСУЖТ, основы которой заложены в 1980-90-е годы,

состоит из локальных систем, слабо связанных между собой, что было обусловлено ограниченными возможностями технологий того времени.

В рамках АСУЖТ были созданы такие системы, как «Система мониторинга опасных грузов» (СМОГ), Автоматизированная информационно-справочная система «Опасные грузы», «Ситуационно-аналитический комплекс компьютерного моделирования транспортных происшествий при перевозках опасных грузов на железнодорожном транспорте» (СКМ ОГ) и др. Внедрение указанных систем безусловно дало эффект и способствовало повышению безопасности перевозок ОГ. Однако, использование этих систем в настоящий момент уже не может дать положительного эффекта, во многом из-за исчерпания потенциала концепции, заложенной в АСУЖТ.

Сегодня происходит перевод информационного пространства железнодорожной отрасли от системы АСУЖТ, в рамках которой функционировали слабо связанные между собой системы, к Единой интеллектуальной системе управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ). По словам президента ОАО «РЖД» В.И. Якунина [1]: «Новое информационное пространство отрасли должно стать бесшовным, лишенным практики стихийного формирования множества локальных систем».

Реализация ИСУЖТ стартовала в 2012 г., пока в ее рамках функционируют несколько пилотных проектов. Внедряются такие современные технологии, как радиочастотные метки *RFID*, спутниковые системы *GPS/ГЛОНАСС*, цифровая связь *GSM/GSM-R*, элементы искусственного интеллекта и др. Однако, современной СППУР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, которую можно интегрировать в ИСУЖТ, пока не создано. Это обуславливает актуальность направления исследований диссертации.

Задачи, решаемые ЛПР при возникновении ЧС, можно условно разделить на расчетные, информационные и интеллектуальные. Разработчики существующих СППУР в той или иной степени решали первые две задачи, не уделяя достаточного внимания решению интеллектуальных задач, являющихся

наиболее сложными из перечисленных.

К интеллектуальным относятся слабоформализованные задачи, при решении которых ЛПР использует опыт, знания и интуицию для оценки ситуации и принятия управленческих решений. Интеллектуальная деятельность ЛПР занимает до 20% его времени. При решении интеллектуальных задач наблюдается разница между действиями опытных ЛПР (экспертов) и большинства других ЛПР, не имеющих достаточного опыта принятия решений. Для поддержки принятия решений следует использовать знания опытных ЛПР (экспертов), извлеченные и сохраненные в СППУР, которая не растеряется при возникновении ЧС и поможет выполнить необходимые действия.

Решение проблемы извлечения экспертных знаний в слабоформализуемых предметных областях, к которым относится большинство ситуаций, объектов и ТП на транспорте, определяет основные аспекты построения разрабатываемой системы. Проблема относится к наиболее сложным, актуальным и до сих пор не решенным в полной мере, являясь «узким местом» при создании систем, основанных на знаниях.

В иерархической структуре системы управления транспортом ТП принятия управленческих решений при возникновении ЧС разделен между ЛПР разных ступеней управления. Для эффективного взаимодействия между различными ЛПР в разрабатываемой системе должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие оперативное получение информации с места ЧС, и автоматизированное информирование всех ЛПР, участвующих в ТП принятия решений, вне зависимости от того, где они находятся в момент возникновения ЧС.

Повсеместно ЛПР различных служб используют мобильные телефоны, работающие в сетях *GSM*, ожидая звонка или *SMS* с информацией о возникновении ЧС. Однако, применяемые сейчас на железнодорожном транспорте системы информирования ЛПР путем автоматического обзвона (например, система «Градиент») и *SMS*-рассылка обладают рядом недостатков. Недостаточное качество доводимой информации и несвоевременность

информирования снижают эффективность принимаемых решений. Это обуславливает актуальность исследования методов автоматизированного информирования лиц, участвующих в ТП принятия решений при возникновении ЧС, на основе мобильных телекоммуникационных технологий.

Актуальность темы научных исследований диссертационной работы отмечена на заседании ОУС ОАО «РЖД» (протокол заседания ОУС ОАО «РЖД» №38 от 23.05.2013 г.), а также подтверждается поддержкой исследования грантом РФФИ 13-08-12151 офи_м «Методы формирования и обработки темпоральных баз данных о динамике процессов в интеллектуальных системах управления транспортными потоками».

В качестве **объекта** диссертационного исследования выступают технологический процесс принятия управленческих решений и автоматизированные информационные системы поддержки принятия управленческих решений в условиях возникновения ЧС на железнодорожном транспорте.

Предметом исследования являются методы поддержки принятия управленческих решений, программно-алгоритмическое обеспечение и структурные решения систем поддержки принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте в условиях возникновения ЧС.

Целью диссертации является исследование и разработка методов, программно-алгоритмического обеспечения и структурных решений для автоматизированной информационной системы поддержки принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте в условиях возникновения ЧС, с перспективой ее интеграции в систему управления железнодорожным транспортом ИСУЖТ.

Для достижения указанных целей в диссертационной работе решаются следующие **задачи** интеллектуализации и автоматизации ТП принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте при возникновении ЧС:

1. Разработать подход к поддержке принятия решений ЛПР на

железнодорожных станциях при возникновении ЧС, путем интеллектуализации решения задач классификации в слабоформализуемых областях, с которыми сталкиваются ЛПР при возникновении ЧС, на основе знаний опытных ЛПР (экспертов).

2. Автоматизировать информирование лиц, участвующих в процессе принятия управленческих решений при возникновении ЧС, на основе мобильных телекоммуникационных технологий.

3. Обеспечить доступ к современным информационным технологиям ЛПР непосредственно на месте ЧС (локомотивные бригады, сопровождающие ОГ и т.д.), первыми принимающих оперативные решения по ликвидации ЧС и информированию ЛПР вышестоящих ступеней управления.

4. Исследовать вопросы практической реализации СППУР, в том числе предложить структуру основных элементов системы, провести их концептуальное моделирование и рассмотреть перспективы интеграции в рамках ИСУЖТ.

5. Разработать прототипы программного обеспечения, реализующего предложенные методы и алгоритмы, и подлежащего использованию в элементах разрабатываемой информационной системы, а также провести их экспериментальное исследование.

Диссертационная работа выполнена в рамках **пунктов паспорта специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (на транспорте)»**:

10. Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

15. Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.).

16. Теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

19. Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции АСУ, АСУТП, АСУП, АСТПП и других систем и средств управления.

Для решения поставленных задач использован **инструментарно-методологический аппарат**, включающий: системный подход, теорию искусственного интеллекта и принятия решений, искусственные нейронные сети (ИНС) и способы их машинного обучения, методы извлечения слабоформализуемых знаний, методы когнитивной графики, теорию информации и кодирования, концептуальное и программное моделирование.

Разработка элементов программного обеспечения выполнена:

- на языке программирования «*Object Pascal*» в среде «*Delphi*»,
- в среде «*Visual Basic for Applications*»,
- на языке «*Java*» в среде «*Eclipse IDE for Java Developers*».

ИНС моделировались в виде *DLL*-модулей динамически подключаемой библиотеки в программе-нейропакете «*NeuroSolutions*». Для создания БД применена библиотека «*SQLite*».

Разработанное программное обеспечение тестировалось на персональных *IBM*-совместимых компьютерах под управлением операционной системы «*Microsoft Windows*» и на мобильных терминалах (МТ) под управлением операционной системы «*Google Android*» версии 4.0 (*API 15+*).

При разработке обеспечения для МТ использовались мобильные телекоммуникационные технологии с применением *GSM*-связи и ее железнодорожной модификации *GSM-R*, *SMS*-сообщений, спутниковой навигации *GPS/ГЛОНАСС* и элементов концепции *BYOD*.

При моделировании системы на концептуальном уровне использовались *UML*-диаграммы унифицированного языка моделирования *UML* (*Unified Modeling Language*), разработанные в программе «*Rational rose 2000*».

Отмечая **степень разработанности темы** диссертации, следует упомянуть работы известных ученых. В области искусственного интеллекта, принятия решений и извлечения слабоформализуемых знаний: С.Н. Васильев, М.Г. Гаазе-Рапопорт, А.И. Галушкин, В.М. Глушков, А.Н. Гуда, Д.Ю. Кочин, Н.Н. Лябах,

Д.А. Поспелов, С.В. Соколов, А. Тьюринг и др. В области искусственных нейронных сетей и способов их обучения: В.И. Арнольд, С.М. Ковалев, А.Н. Колмогоров, К. Левенберг, Д. Марквардт, Ф. Розенблатт, Д. Рутковская, С. Хайкин, Р. Хехт-Нильсен, J.C. Principe и др. В области обеспечения безопасной перевозки ОГ железнодорожным транспортом: В.Н. Андросюк, И. Вишнинецкий, Л.А. Гребенюк, А.В. Кириченко, И.В. Мартынюк, А.М. Островский, В.М. Рудановский, А.В. Христюков и др. В области когнитивной графики: А.А. Зенкин, Д.А. Поспелов, Н. Chernoff и др. В области ликвидации ЧС: В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, В.Ю. Глебов, С.А. Качанов, Ю.И. Соколов, М.И. Фалеев, С.П. Чумак, С.К. Шойгу и др. В области разработки информационных систем, управления и связи на транспорте: А.А. Абрамов, М.А. Бутакова, В.В. Доенин, И.Д. Долгий, В.Н. Иванченко, В.М. Лисенков, Э.А. Мамаев, Е.Н. Розенберг, И.Н. Розенберг, В.В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В.Н. Таран, А.В. Чернов, А.Н. Шабельников и др. В области разработки обеспечения МТ для информирования о ЧС, большой вклад внес N.H. Wienand. В области концептуального моделирования на языке *UML*: М. Блаха, Г. Буч, Д. Рамбо, И.Я. Якобсон и др.

Наибольший вклад в создание и развитие систем железнодорожного транспорта в России вносят коллективы ученых НИИАС, ВНИИЖТ, отраслевых транспортных ВУЗов (МИИТ, ПГУПС, РГУПС, СГУПС и др.). Большое внимание внедрению современных систем уделяет руководство ОАО «РЖД» во главе с президентом В.И. Якуниным.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Подход к поддержке принятия управленческих решений ЛПР на железнодорожных станциях при возникновении ЧС, в котором автоматизированное решение интеллектуальной задачи классификации ЧС по масштабу (т.е. отнесение возникшей ЧС к одному из нескольких предварительно заданных классов масштаба ЧС) определяет поддержку ЛПР в решении расчетных и информационных задач.

2. Оригинальный эвристический метод обучения ИНС для решения задач

классификации на основе слабоформализуемых знаний опытных ЛПР (экспертов), и его алгоритмы, использующий визуальные (когнитивные) образы возможных ситуаций для извлечения знаний эксперта.

3. Структура устройства обучения ИНС, реализующего алгоритмы авторского метода обучения ИНС, которое может быть включено в различные СППУР в качестве типового блока для обучения ИНС решению задач классификации возникающих ситуаций не хуже опытного ЛПР (эксперта).

4. Решение задачи автоматизации информирования ЛПР о возникновении ЧС на железнодорожной станции по сетям мобильной цифровой связи стандарта *GSM/GSM-R* с использованием службы коротких сообщений (*SMS*), заключающееся в том, что сообщения содержат алфавитно-цифровой код ситуации, а обработку кода из *SMS* автоматически осуществляет устройство информирования, интегрированное в МТ информируемых ЛПР.

5. Структура устройства информирования ЛПР, интегрируемого в МТ соответствующих ЛПР, осуществляющего автоматическую обработку входящих *SMS*, содержащих код возникшей ЧС, и выполнение необходимых действий по информированию абонента о ЧС с целью поддержки принятия им управленческих решений по ликвидации ЧС. Устройство может быть использовано в различных СППУР, как типовой элемент, решающий задачу автоматизации информирования абонентов по сетям мобильной связи.

6. Схема развертывания СППУР, соответствующая иерархической структуре процесса принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железной дороге, и содержащая три основных элемента: МТ для ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС; стационарный элемент системы, устанавливаемый на железнодорожной станции массового проследования и переработки ОГ, и подключаемый к АРМам ЛПР ступени принятия решений линейного пункта; МТ, принадлежащие ЛПР второго уровня, используемые ими для получения информации о ЧС и ее параметрах.

7. Концептуальные модели трех основных элементов системы, построенные с использованием диаграмм прецедентов (*use case diagram*)

унифицированного языка моделирования *UML*, описывающие требования к функциональным возможностям каждого из моделируемых элементов СППУР.

8. Структура стационарного элемента СППУР, устанавливаемого на железнодорожной станции, обеспечивающая выполнение требуемых функциональных возможностей, с перспективой интеграции в единую систему управления железнодорожным транспортом ИСУЖТ.

Научная новизна исследования состоит в том, что в диссертации:

1. Предложен подход к поддержке принятия управленческих решений ЛПР на железнодорожных станциях при возникновении ЧС, позволяющий использовать автоматизированное решение интеллектуальной задачи классификации ЧС по масштабу с помощью ИНС, как основу поддержки принятия решений.

2. Разработан оригинальный авторский метод обучения ИНС, позволяющий обучать ИНС на основе слабоформализуемых знаний экспертов, и его алгоритмы. Новизна метода подтверждается патентом РФ на изобретение.

3. Синтезирована структура устройства обучения ИНС, реализующего алгоритмы авторского метода обучения ИНС, которое может использоваться в различных СППУР, как типовый блок для обучения ИНС. Новизна устройства подтверждается патентом РФ на полезную модель.

4. Предложено автоматизировать информирование ЛПР о возникновении ЧС на железнодорожном транспорте по сетям мобильной связи *GSM/GSM-R* с помощью коротких сообщений (*SMS*), содержащих алфавитно-цифровой код возникшей ЧС. Синтезирована структура устройства, устанавливаемого в МТ абонентов для автоматической обработки входящих *SMS*. Новизна подтверждается патентом РФ на полезную модель.

5. Предложена структура СППУР, состоящая из трех элементов, соответствующая иерархической структуре процесса принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожной станции, которая может быть интегрирована с системой управления ИСУЖТ и сетями мобильной связи *GSM/GSM-R*. Новизна подтверждается патентом РФ на полезную модель.

Практическая значимость результатов исследования подтверждается наличием патентов на изобретение и полезные модели, авторскими свидетельствами, актами о внедрении. Также результаты, содержащиеся в диссертации, были отмечены призовыми местами в конкурсах:

- 3-е место Первого всероссийского конкурса научных работ среди студентов и аспирантов транспортных ВУЗов в номинации «Взгляд в будущее железных дорог» (протокол заседания ОУС ОАО «РЖД» № 35 от 28.02.2013 г.);

- диплом 1-ой степени Городского конкурса практико-ориентированных научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, проведенного администрацией г. Ростова-на-Дону в 2013 году.

Результаты, полученные по результатам исследования, могут быть использованы при построении различных СППУР. В ходе исследования автором были созданы и исследованы прототипы программного и аппаратного обеспечения для СППУР, которые можно непосредственно использовать в дальнейшем. В частности, это:

- Устройство обучения искусственной нейронной сети (патент на полезную модель РФ по заявке №2014105841 от 17.02.2014 г.);

- Программа формирования обучающих векторов для искусственной нейронной сети на основе знаний эксперта «*ANN AE*» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013660803, дата регистрации 19.11.2013 г.);

- Устройство обработки входящих *SMS*-оповещений о возникновении чрезвычайной ситуации с возможностью отбора актуальных сообщений (патент на полезную модель РФ, RU 137441 U1, опубликовано 10.02.2014 г.);

- Мобильное приложение для адресного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте «*Railway SMS Smart Alert (RSA)*» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611447, дата регистрации 3.02.2014 г.);

- Программа проверки знаний «*University-Lyceum (UL)*» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012615567, дата

регистрации 20.06.2012 г.).

Результаты работы внедрены в деятельности Южного филиала «Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ЮФ ВНИИ ГОЧС), использовались в «Ростовском государственном университете путей сообщения» (РГУПС) при выполнении хоздоговорных работ и грантов РФФИ, апробированы в Научно-внедренческом центре АНО «Международный исследовательский институт» (АНО МИИ).

По теме диссертации **опубликовано** 24 печатные работы, из которых 5 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 являются патентами и авторскими свидетельствами и 14 в других изданиях. Еще по 2 заявкам на полезную модель РФ получены положительные решения о выдаче патента.

Основные положения диссертационной работы **доклаживались и обсуждались** на различных научных мероприятиях: Второй научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте» (ИСУЖТ-2013), г. Москва, 2013 г.; Заседании Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», г. Москва, 2013 г.; Четырнадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (БДП-2013), г. Москва, 2013 г.; Научно-практической конференции «Транспорт-2012» и «Транспорт-2013», г. Ростов-на-Дону, 2012 г. и 2013 г.; 2nd International Academic Conference «Applied and Fundamental Studies», St. Louis, Missouri, USA, 2013; V Международной научной конференции «Актуальные проблемы народнохозяйственного комплекса: инновации и инвестиции», г. Москва, 2013 г.; XIII Международной научно-практической конференции «Инновации в науке», г. Новосибирск, 2012 г.; Международной молодежной научно-практической конференции СКФ МТУСИ «ИНФОКОМ-2013», г. Ростов-на-Дону, 2013 г.; VII Всероссийской научной школе-семинаре молодых ученых, аспирантов и студентов «Семантические технологии – 2013. Семантическая интерпретация и интеллектуальная обработка данных и ее приложение в информационном поиске», г. Таганрог, 2013 г.; Всероссийской научно-

практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций», г. Железнодорожск, 2013 г.; XV Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике», г. Новосибирск, 2012 г.; I Молодежном инновационном конвенте Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в рамках Технологической экспертизы конкурса инновационных проектов «Зворыкинская премия», г. Краснодар, 2013 г.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, содержащих 20 разделов, заключения, списка использованных источников, содержащего 111 наименований отечественной и зарубежной литературы и приложений, в которые вынесены патенты и свидетельства, полученные по результатам исследования, а также документы, подтверждающие использование и апробацию результатов исследования. Объем диссертации составляет 175 страниц, из которых приложения занимают 11 страниц. Работа проиллюстрирована 32 рисунками и 6 таблицами.

ГЛАВА 1. АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧС

1.1. Особенности ЧС на железнодорожном транспорте и принятия управленческих решений при их возникновении

Железнодорожный транспорт является основным звеном массовой перевозки грузов, его доля в грузообороте превышает 70%. Объекты железнодорожного транспорта по ГОСТ [2] можно отнести к потенциально опасным. По сети российских железных дорог протяженностью 86000 км функционирует более 5000 железнодорожных станций [3], обслуживающих составы, перевозящие различные грузы, включая ОГ.

К сожалению, обеспечить «полную» («гарантированную») безопасность на железнодорожном транспорте практически невозможно. Правильнее говорить о том или ином риске (вероятности) возникновения нежелательных ситуаций, что наглядно показано в ряде работ последних лет, в частности в [4, 5, 6] и др.

Аварийные ситуации, различного характера, происходящие на железнодорожном транспорте, могут привести к возникновению ЧС. ГОСТ [2] определяет ЧС, как обстановку на определенной территории, сложившуюся в результате аварии, природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой жертвы, ущерб здоровью, природной среде, материальные потери, нарушение условий жизни и деятельности людей.

К ЧС на железной дороге относят [7]: сходы подвижного состава, крушения, аварии, утечки ОГ, пожары, взрывы и другие происшествия, которые могут привести к гибели, ранению, отравлениям людей, животных, нанесению экологического ущерба и материального урона. Т.е. ЧС на железнодорожном транспорте можно отнести к техногенным ЧС по ГОСТ [8, 9]. Согласно статистике [7], техногенные ЧС составляют до 80% от общего

числа ЧС, а ЧС на транспорте относят к числу одних из наиболее опасных.

По оценкам [7], ежегодно материальный ущерб от возникновения ЧС в России увеличивается в среднем на 10%. Эта тенденция наблюдается и на объектах железнодорожного транспорта. Одним из объективных [10] оснований этого может служить значительный износ основных фондов (в среднем составляющий порядка 60%), и подвижного состава (по тепловозам до 84%, по грузовым вагонам до 86%). Превышен срок эксплуатации у почти 100000 стрелок электрической централизации. Возникают вопросы и к качеству техники – например, возросло число случаев изломов боковых рам тележек грузовых вагонов [11]. Не следует забывать и о «человеческом факторе», т.е. неправильных действиях отдельных работников, зачастую обусловленных недостатком опыта, знаний или халатностью.

Памятны крупные ЧС, произошедшие на отечественном железнодорожном транспорте (станции Аннау, Арзамас-1, Свердловск-Сортировочная и др.). Весьма серьезной стала ЧС, возникшая в 2013 г. в районе станции Белая Калитва Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД). В грузовом составе №2035, состоящем из 71 цистерны, сошли с рельс более 50 цистерн, из них 8 загорелись, 2 цистерны с пропаном взорвались, из одной произошла утечка АХОВ. Пострадало 52 человека, из них 18 – госпитализированы. Фрагменты цистерн повредили близлежащие строения. Повреждено 1500 метров путей. Было эвакуировано до 2700 человек. Ущерб превысил 300 млн. рублей [12].

Проанализировав множество значимых ЧС на железнодорожном транспорте, исследователи [6] делают вывод, что вероятность их возникновения весьма велика на территории станций массовой переработки и проследования ОГ, либо в непосредственной близости от них. Это закономерно, поскольку станции в железнодорожной транспортной системе являются основными производственно-хозяйственными единицами, через которые осуществляется связь железных дорог с клиентами. На станциях выполняется большой комплекс различных манипуляций с ОГ [13]. Это говорит о необходимости подробного рассмотрения особенностей ЧС на железнодорожных станциях и

принятия управленческих решений при их возникновении.

Перечень ОГ, перевозимых железнодорожным транспортом, включает в себя более 1000 наименований [14], разделенных на 9 классов опасности в соответствии с ГОСТ [15]. На каждый груз или группу грузов составлена аварийная карточка, в которой дана краткая характеристика груза и рекомендуемых действий при возникновении аварии с ним, которая используется, как один из источников информации при ликвидации ЧС.

Наиболее тяжелые последствия могут возникнуть при ЧС с ВМ и АХОВ [14]. Из АХОВ наиболее распространенными являются аммиак и хлор. В России функционирует более 3500 предприятий, использующих эти АХОВ. На долю аммиака приходится до 50% от общих запасов, на хлор – до 35% [7].

Свыше 500000 тонн хлора в России ежегодно перевозится по железной дороге. Маршруты перевозки АХОВ, по возможности, прокладывают вдали от крупных городов, с минимальным числом остановок и задержек. Груз сопровождает бригада, оснащенная средствами защиты. При возникновении аварии она способна оперативно выполнить первоначальные действия для предотвращения ее развития по негативному сценарию [16].

Каждая ЧС по-своему уникальна. Реальные случаи показывают, насколько разнообразными они могут быть по причинам возникновения, механизмам развития и последствиям. Динамика протекания ЧС, последствия, нанесенный ущерб могут не совпадать в полной мере с данными прогнозов и расчетов [7].

Однако, в развитии почти каждой ЧС можно выделить 4 типовые стадии:

- накопление отклонений от нормального состояния или процесса;
- инициирование чрезвычайного события, лежащего в основе ЧС;
- возникновение процесса чрезвычайного события, во время которого происходит высвобождение энергии и/или вещества, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружение;
- стадия затухания (действие остаточных факторов).

Ситуации, относимые согласно железнодорожной терминологии к нестандартным и аварийным [17], можно рассматривать, как первую и вторую

типовые стадии развития ЧС, которые при своевременно принятых действиях по ее предотвращению могут и не привести к непосредственному возникновению процесса чрезвычайного события.

Если же возникновение ЧС обнаруживают на третьей стадии ее развития, то это, как правило, означает, что меры по ее предотвращению не были приняты вовремя. При возникновении на железнодорожном транспорте ЧС, сопровождающихся возгораниями, взрывами и утечками ОГ своевременно принятые управленческие решения по ликвидации ЧС и оперативное информирование ЛПР, могут минимизировать последствия ЧС.

При возникновении ЧС на железнодорожной станции ЛПР выполняют совокупность операций, составляющих ТП принятия управленческих решений, являющийся частью ТП работы железнодорожной системы. Понятие «технологический процесс» используется во многих отраслях народного хозяйства. Оно применяется и к области ликвидации ЧС и принятию управленческих решений на транспорте. В частности, в книге [18] приведены определения понятий «технология» и «технологический процесс» применительно к процессу ликвидации ЧС.

ТП можно определить, как совокупность взаимосвязанных действий, выполняемых в определенной последовательности с использованием необходимых технических средств силами специалистов требуемой квалификации в сжатые сроки до получения требуемого результата.

Несмотря на уникальность каждой происходящей ЧС, в ТП принятия управленческих решений ЛПР на железнодорожном транспорте в условиях возникновения ЧС можно выделить основные технологические операции [18]:

- получение информации о факте возникновения ЧС;
- оценка обстановки, типа и масштаба возникшей ЧС;
- информирование всех причастных ЛПР в зависимости от обстановки, типа и масштаба возникшей ЧС;
- выполнение всеми ЛПР управленческих действий, связанных с ликвидацией ЧС, в пределах их сферы ответственности и в соответствии с

утвержденной НТД.

В основе классификации ЧС по масштабу в соответствии с Постановлением правительства РФ [19] лежат величина территории, на которой распространяется ЧС, число пострадавших и размер ущерба. Выделяют ЧС: локального, муниципального, межмуниципального, регионального, межрегионального, федерального характера. Возникновение ЧС межрегионального или федерального характера, поражающих территорию нескольких субъектов или всей страны, на железнодорожном транспорте возможно, но маловероятно [7]. Масштабы ЧС с ОГ в значительной степени зависят от вида АХОВ, их количества, характера аварии, метеоусловий и т.д.

ЧС на железных дорогах могут вызвать перерыв в движении поездов, который приносит значительные материальные потери, поэтому крайне важно быстро восстановить движение при минимальных потерях материальных ценностей и сохранении жизни, здоровья людей.

Для ликвидации последствий ЧС на сети железных дорог функционируют аварийно-восстановительные подразделения: пожарные (ПП) и восстановительные поезда (ВП), аварийно-полевые команды, аварийно-восстановительные летучки контактной сети, связи и средств центральной блокировки. При необходимости привлекаются технические средства и работники МВД, МЧС, пожарных бригад, воинских подразделений, медицинских учреждений, центров Санэпиднадзора (и их лабораторий), техника и средства специализированных предприятий и организаций других ведомств. К ликвидации ЧС с ОГ также привлекаются представители грузоотправителя и/или грузополучателя (при наличии такой возможности).

Столь широкий круг лиц, участвующих в ликвидации последствий ЧС на железнодорожном транспорте, требует организации оперативного процесса информирования всех причастных ЛПР и получения руководящих указаний от них. При этом многое зависит от заблаговременно и качественно подготовленного плана реагирования на ЧС (ситуационного плана), содержащего схему привлечения сил и средств (с учетом местных условий),

грамотных и четких действий причастных лиц, а также от их подготовленности.

Известно [20, 21], что эффективное выполнение операций столь сложного ТП сегодня практически невозможно осуществить без использования автоматизированных СППУР, содержащих в себе элементы искусственного интеллекта, и сочетающих точные математические методы с алгоритмами поиска решений, базирующимися на экспертных знаниях и имитации интеллектуальной деятельности человека.

В следующем разделе подробнее будут рассмотрены вопросы участия различных ЛПР в ТП принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте.

1.2. Лица, участвующие в процессе принятия решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, и их обязанности

При возникновении на железнодорожной станции (или на перегоне) ЧС, различные ЛПР должны получить необходимую информацию о ситуации и приступить к выполнению технологических операций ТП принятия управленческих решений, направленных на минимизацию воздействия поражающих факторов и скорейшую ликвидацию ее последствий.

Действия, выполняемые ЛПР, и их сферы ответственности регламентируются международными и отечественными документами, как [17, 22-26] и др. Специалисты отмечают [27, 28], что сформировавшийся массив указанной НТД (в частности правила [22], действующие с 1996 г.) к настоящему моменту достаточно полон и проверен временем, хотя и не лишен некоторых недостатков. Например, в связи с идущими реформами в ОАО «РЖД» и системе государственного управления, упоминаемые названия должностей и различных организаций могут отличаться от текущих названий.

При необходимости для ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте привлекаются силы и средства Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС), составной частью которой является

железнодорожная транспортная система предупреждения и ликвидации ЧС (ЖТСЧС). Координирующим органом управления системой РСЧС является комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС (КЧС). К органам повседневного управления ЖТСЧС относят [29] руководящий, ревизорский, дежурный и диспетчерский аппарат системы управления на железнодорожном транспорте.

Взаимодействие с системой РСЧС регламентируется планом действий по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера на железной дороге. Указанный план содержит порядок привлечения для ликвидации ЧС сил и средств МЧС, других министерств и ведомств, входящих в систему РСЧС, и составляется в двух экземплярах. Первый экземпляр находится в органе исполнительной власти, уполномоченном на решение задач по ликвидации ЧС, второй – на железной дороге [14].

На основе указанного плана действий и другой НТД создаются местные инструкции о порядке действий работников при возникновении ЧС, разрабатываемые в качестве приложений к ТРА станций. Указанные инструкции содержат порядок действий работников, оптимизированный для применения на конкретной железнодорожной станции с учетом местных условий.

В случае возникновения ЧС с ОГ ЛПР также руководствуются указаниями соответствующих аварийных карточек грузов. В местной инструкции и перевозочных документах содержится перечень, места дислокации и телефоны предприятий и организаций (в том числе грузополучателей и грузоотправителей), имеющих необходимое оборудование и специалистов для ликвидации ЧС с ОГ, а также порядок их информирования (оповещения).

Во избежание путаницы, для описания технологической операции доведения информации о возникновении ЧС до ЛПР будет использоваться термин «информирование», вместо термина «оповещение», используемого к населению, проживающему на прилегающих территориях.

Рассмотрим подробнее общий порядок действий ЛПР при возникновении

аварийной ситуации, грозящей привести или уже приведшей к возникновению ЧС. Здесь и далее в качестве ЧС будут рассматриваться ситуации с ОГ.

При возникновении ЧС в грузовом поезде локомотивная бригада совместно с сопровождающим ОГ персоналом (при наличии):

- оценивает обстановку, выясняет характер возникшей ЧС, уточняет тип и число поврежденных вагонов, наличие схода подвижного состава или выхода за габарит пути;

- вскрывает пакет с перевозочными документами, устанавливает наименование груза в пострадавших вагонах, его количество, номер аварийной карточки и размеры опасной зоны;

- информирует о случившемся дежурного по станции (ДСП), маневрового диспетчера (ДСЦ), поездного диспетчера (ДНЦ). Если ЧС произошла на перегоне, то локомотивная бригада информирует ДСП по станциям, ограничивающим перегон, а также машинистов близлежащих поездов (при необходимости), используя поездную радиосвязь, линейно-путевую связь или любой другой возможный в создавшейся ситуации вид связи;

- совместно с ДСП и ДНЦ принимает решение о следовании до ближайшей станции, либо об остановке в месте, подходящем для ликвидации ЧС, выбираемом с учетом угрозы воздействия поражающих факторов ЧС на прилегающую инфраструктуру;

- до прибытия пожарных спасательных и других подразделений принимает меры по локализации ЧС всеми имеющимися средствами в соответствии с указаниями диспетчеров, требованиями инструкций, аварийных карточек и т.д.

Каждый работник станции, обнаруживший признаки ЧС или получивший подобную информацию от другого лица, обязан, незамедлительно сообщить об этом ДСП или ДСЦ станции. Если документы на поезд имеются у оператора СТЦ, то ДСП может получить сведения о грузе и подвижном составе от него.

Типовая схема информирования ЛПР на железнодорожной станции при возникновении ЧС показана на рисунке 1.1. Данная схема соответствует правилам [22] и построена автором на основе местных инструкций станций

Новороссийск и Туапсе СКЖД.

Непосредственно на железнодорожной станции основными ЛПР являются ДСП, ДСЦ, а также начальник станции (ДС) или (при отсутствии) его заместитель (ДСЗ), до которого ДСП и ДСЦ доводят информацию о ЧС. На станции создается оперативный штаб ликвидации ЧС, в который входят ДС (ДСЗ) и прибывающие руководители аварийных подразделений [14].

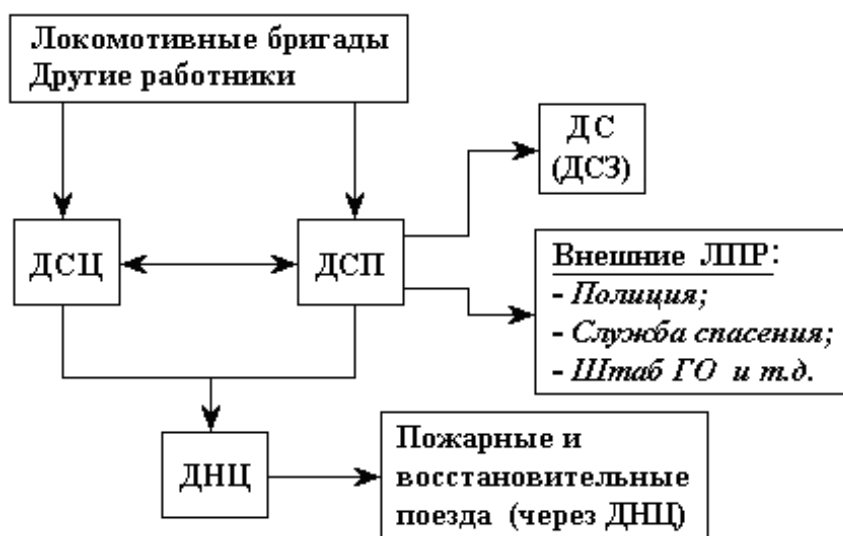


Рис. 1.1. Схема информирования ЛПР на железнодорожной станции при возникновении ЧС

Ответственность за организацию и общее руководство ликвидацией ЧС на железнодорожной станции, эвакуацию подвижного состава, грузов и т.д. до прибытия и полного развертывания спасательных и пожарных подразделений возлагается на ДС, его заместителя (ДСЗ), а в их отсутствие – на ДСП и ДСЦ; на перегонах – на локомотивные бригады и сотрудников сопровождения ОГ.

ДСП и ДСЦ при возникновении ЧС на железнодорожной станции:

- информируют о ситуации ДС или (при отсутствии) ДСЗ;
- при необходимости информируют о ситуации поездного диспетчера (ДНЦ), относящегося к более высокой ступени принятия решений, о причине ситуации (если установлена), времени и месте происшествия (путь, парк), количестве поврежденных вагонов, наименовании груза, номере аварийной

карточки, наличии пострадавших, необходимости снятия напряжения в контактной сети, мерах по ее устранению;

- регулируют движение или (если необходимо) прекращают движение по станции, запрещают пропуск поездов по соседним путям рядом с местом ЧС;

- перемещают вагоны с ОГ на специальные пути, согласно ТРА станции, и принимают меры по ограждению данных вагонов и перекачке груза, привлекая для этого работников станции или других служб;

- информируют по телефонной связи (или через телефонистку) ЛПР различных внешних организаций и ведомств (МВД, Управление гражданской защиты, Санэпидемнадзор и т.д.), в соответствии со списками информирования, содержащимися в приложениях к ТРА станции и местных инструкциях;

- обеспечивают оперативный прием и развертывание ВП и ПП, других аварийно-восстановительных подразделений.

В соответствии с действующими инструкциями информация о ЧС далее поступает на более высокую ступень системы управления железнодорожным транспортом – ДНЦ, дежурному по району управления железной дороги (ДРУ), который, в свою очередь, информирует старшего дорожного диспетчера (ДГПС).

В целом сферы ответственности разделяются так, что ДС, ДСП, ДСЦ осуществляют руководство ситуацией на станциях, ДНЦ – на перегоне [13, 17]. При необходимости ДНЦ вызывает ВП и ПП, дает указание энергодиспетчеру о снятии напряжения с контактной сети. ДНЦ руководит движением поездов на перегонах и единолично распоряжается движением поездов в пределах своего диспетчерского круга. Его приказы по движению поездов подлежат беспрекословному выполнению со стороны ДСП, машинистов и т.д.

ДГПС в соответствии с имеющимися списками и в зависимости от масштаба ЧС информирует начальника железной дороги (Н), его заместителя (НЗ), ревизора по безопасности движения поездов (РБ), председателя комиссии по ЧС, старшего дежурного помощника начальника оперативно-распорядительного отдела службы перевозок железной дороги, главного врача

центра санэпиднадзора, органы местной администрации и т.д. Н (или НЗ) возглавляет формируемую комиссию по ликвидации ЧС, координирующую необходимые действия.

В правилах [22] приведена схема информирования ЛПР и принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте. Данная схема нуждается в уточнении, учитывающем современную вертикально-структурированную иерархическую структуру системы принятия управленческих решений в ОАО «РЖД» и органах государственного управления. На рисунке 1.2 показана уточненная схема принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, составленная автором на основе [22] и учитывающая произошедшее слияние отделенческой и дорожной ступеней управления.

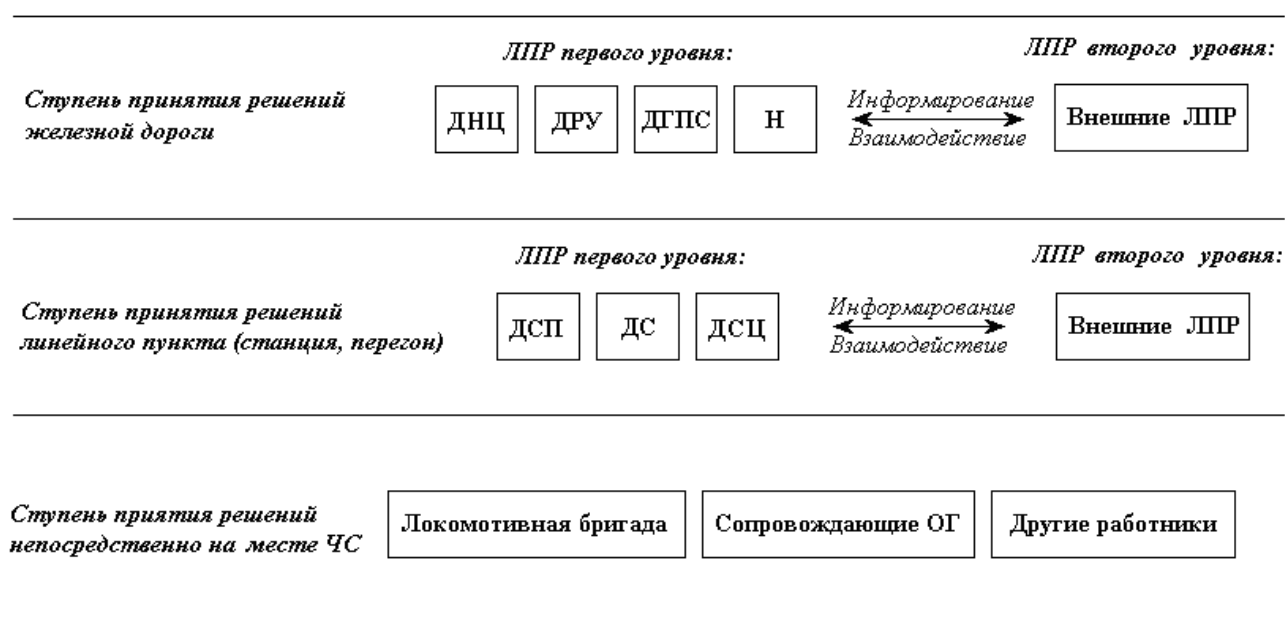


Рис. 1.2. Иерархическая структура процесса принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железной дороге

Данная схема является примерной. На каждой дороге могут быть отклонения от этой схемы в зависимости от конкретных особенностей работы. На схеме выделены три ступени ТП принятия управленческих решений:

- ступень принятия решений непосредственно на месте ЧС;

- степень принятия решений линейного пункта (станция, перегон);
- степень принятия решений железной дороги.

Существует и более высокая степень, относящаяся к управлению железнодорожной системой на сетевом уровне, не показанная на рис. 1.2.

В двух верхних ступенях выделены ЛПР первого и второго уровня, которые взаимодействуют между собой, а также с выше- и нижестоящими ЛПР соответствующих уровней. В обязанности ЛПР первого уровня входит не только принятие соответствующих управленческих решений, но и организация оперативного информирования, связи и взаимодействия с ЛПР второго уровня, принадлежащими той же ступени принятия решений. К ЛПР второго уровня причислены ЛПР, относящиеся к внешним организациям и ведомствам, привлекаемым к ТП принятия решений при ликвидации последствий ЧС на железнодорожном транспорте, а также некоторые сотрудники железных дорог.

В свете рассматриваемой темы создания и использования СППУР наибольший интерес вызывает степень принятия решений линейного пункта (станции). Именно здесь своевременно принятые управленческие решения по ликвидации ЧС, оперативное информирование ЛПР, относящихся к более высокой ступени принятия решений и внешних ЛПР в пределах своей ступени может в наибольшей степени способствовать минимизации последствий ЧС.

К ЛПР первого уровня на станции отнесены ДС, ДСП, ДСЦ, на АРМ которых и должно быть направлено внимание при разработке СППУР, содержащей средства своевременного информирования ЛПР второго уровня. СППУР должна способствовать оперативному выполнению основных технологических операций ТП принятия управленческих решений в условиях ЧС с учетом ТП работы конкретной железнодорожной станции.

Далее будут рассмотрены основные АРМ и информационные системы ОАО «РЖД», доступ к которым имеют ЛПР при выработке и принятии управленческих решений.

1.3. Обзор информационных систем, функционирующих в системе управления железнодорожным транспортом

Рассмотрим функционирующие на железнодорожном транспорте информационные системы. В ОАО «РЖД» внедрено, функционирует, а также находится в стадии опытной эксплуатации более 200 автоматизированных информационных систем, программно-технических комплексов и порядка 100 АРМ, охватывающих основные направления деятельности [30].

Эти системы функционируют в рамках АСУЖТ, базирующейся на сети ИВЦ железных дорог и Главного вычислительного центра ОАО «РЖД» (ГВЦ) [13]. Внедрение АСУЖТ позволило обрабатывать большие объемы информации, освободило работников от трудоемких операций обработки данных, усовершенствовало структуру и качество управления. Автоматизация деятельности диспетчеров снизила их загрузку на 30-40% [31].

Вместе с тем, АСУЖТ практически с самого начала (1980-1990-е годы) строилась по принципу отдельных локальных подсистем, слабо связанных между собой [31], что было обусловлено различными причинами, в том числе ограниченными возможностями информационных технологий того времени.

Все подсистемы АСУЖТ образуют систему управления железнодорожным транспортом, сегментированную на несколько ступеней управления. На первой ступени АСУЖТ функционируют АСУ узлов, сортировочных (АСУ СС) и грузовых (АСУ ГС) станций, АСУ других линейных подразделений. Именно здесь первичная информация вводится работниками с их АРМ или регистрируется автоматически. На второй ступени функционируют АСУ дорог. На третьей ступени АСУЖТ создан центр управления, в котором проводится контроль за ситуацией на всей сети дорог [30].

В начале 2000-х годов была введена система управления перевозочным процессом, базирующаяся на системе центров управления («вертикаль управления»): Центр управления местной работой (ЦУМР) – Дорожный центр управления перевозками (ДЦУП) – Центр управления перевозками «РЖД»

(ЦУП РЖД). В настоящее время ДЦУП, где сосредоточен диспетчерский аппарат, стали основной формой диспетчерского управления на дорогах и объединили в себе отделенческую и дорожную ступени прежней системы управления. В связи с этим на дорогах ликвидируются отделения [13].

Среди автоматизированных систем, функционирующих в ДЦУП, базовой является автоматизированная система АСОУП, позволяющая на основе информационной модели перевозочного процесса качественно осуществлять прогнозирование и планирование работы железнодорожных подразделений.

Рабочие места практически всех ключевых ЛПР на железнодорожном транспорте оборудованы специализированными АРМ, представляющими собой рабочие станции, работающие, как правило, под управлением операционных систем семейства «*Windows*», подключенные к подсистемам АСУЖТ [30]. Каждое АРМ оснащено дисплеями, компьютерами и средствами связи.

Созданы АРМ ДСП, ДНЦ, ДРУ, операторов СТЦ и других сотрудников линейных предприятий и аппарата управления, составляющие комплексную систему автоматизированных рабочих мест (КС АРМ). АРМ связаны со специализированными вычислительными комплексами и вычислительными центрами, включены в общую корпоративную систему связи железной дороги. Обмен информацией с АСОУП и другими системами осуществляется с помощью машинно-ориентированных сообщений [31].

ЛПР различных ступеней и уровней управления имеют доступ к функционирующим автоматизированным информационным системам ОАО «РЖД», из которых к наиболее значимым можно отнести ГИД-Урал, АС ТРА, ЭТРАН, ДИСПАРК, КАСАНТ, КАСАТ и др.

ГИД-Урал представляет собой систему автоматизированного ведения графика движения поездов, обеспечивающую изображение на экране в реальном времени графиков исполненного движения, а также возможность построения прогнозных графиков на перспективу от 2 до 4 часов и их корректировку диспетчерами. Системой оборудованы более 4000 АРМ различных сотрудников железнодорожного транспорта от ДСП до

руководителей департаментов ОАО «РЖД» [31]. Всем пользователям предоставляется единый набор функциональных возможностей, с выводом актуальной для каждого из них информации в удобном виде.

С внедрением ГИД-Урал снизилась загрузка диспетчеров за счет отказа от ручного ведения графиков исполненного движения и прочих документов. По запросу из системы можно получить справку о поезде, натурный лист, доступ к данным из ТРА станций (характеристики путей и путевого развития) и другие полезные сведения. ГИД-Урал является 32-разрядным *Windows*-приложением, имеющим средства для обмена данными с *SQL*-базами данных стандартных СУБД. Ведутся работы по интеграции системы с другими автоматизированными комплексами.

Система АС ТРА (Автоматизированная система ведения базы данных техническо-распорядительных актов станций), введенная в эксплуатацию на всей сети железных дорог страны с 2003 г., предназначена для автоматизации работы по созданию, обновлению ТРА станций, а также для обеспечения доступа к электронным версиям ТРА станций различных ЛПР и руководящего состава [32]. Доступ к информации в АС ТРА разграничен на основе прав доступа, делегированных разным пользователям. Построение системы основано на использовании *Intranet*-технологии информационных сетей.

В АС ТРА хранение приложений к ТРА станций, содержащих схемы станций и путевого развития, реализовано на основе Программно-технологического комплекса геоинформационной базы данных железнодорожного транспорта (ПТК ГБД). Для просмотра схем ГБД используется комплекс программ формирования просмотра графической части ТРА. Встроенная в серверную программу компонента ГИС «*ObjectLand*» позволяет загружать схемы станций в графическом растровом формате *BMP*.

Поскольку информация из ТРА о технических средствах, имеющихся на станциях (путевое развитие, устройства СЦБ, связи, электроснабжения и др.), а также об условиях организации маневровой работы и движения поездов необходима практически всем системам, АС ТРА интегрируется с ГИД-Урал и

другими информационными системами железнодорожного транспорта.

Также необходимо упомянуть следующие системы ОАО «РЖД», разработка которых стала заметной вехой в процессе развития информационного пространства АСУЖТ:

- ЭТРАН (Электронная ТРАнспортная Накладная) – автоматизированная система подготовки и оформления перевозочных документов;
- ДИСПАРК – информационная автоматизированная система учета, контроля дислокации, анализа использования и регулирования вагонного парка;
- КАСАНТ – комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности;
- КАСАТ – комплексная автоматизированная система учета и анализа случаев технологических нарушений;
- СИРИУС – сетевая интегрированная российская информационно-управляющая система;
- ГИС РЖД – система ведения геоинформационных баз данных «РЖД».

Для темы диссертационной работы наибольший интерес представляют информационные системы, применение которых непосредственно связано с перевозкой ОГ и ликвидацией возможных ЧС. Из таких систем наибольшее распространение получили:

- Система мониторинга опасных грузов (СМОГ), созданная при участии НИИАС, ВНИИЖТ и МИИТ (В.Н. Андросюк, В.М. Рудановский и др.);
- Автоматизированная информационно-справочная система «Опасные грузы», разработанная под руководством профессора СГУПС А.М. Островского (В.И. Медведев, А.В. Христолюбов и др.).

Программное обеспечение системы СМОГ устанавливается в ИВЦ железных дорог. Система содержит БД об ОГ, перевозимых по железной дороге, и состыкована с АСОУП для отслеживания дислокации вагонов с ОГ. СМОГ позволяет выдавать более 30 видов справок и документов, которые обеспечивают своевременное выявление нарушений правил перевозки ОГ, принятие решений по предупреждению и ликвидации ЧС с ОГ.

СМОГ решает следующие задачи [33]:

- контроль и оценка текущей дислокации и распределения вагонов с ОГ на дороге (или на конкретной железнодорожной станции);
- выдача справок по правильности формирования и прикрытия составов, в которых присутствуют вагоны с ОГ;
- при возникновении ЧС с ОГ система позволяет получить справку о числе вагонов с ОГ, наименования ОГ и других грузов, находящихся в составе поезда;
- выдача текстов аварийных карточек ОГ, и их разделов (используется БД из справочно-информационной системы «Опасные грузы»);
- составление и выдача отчетных форм о показателях перевозок различных ОГ в течение заданного периода на дороге или станции, с указанием массы каждого вида груза и количества задействованных вагонов;
- контроль за правильностью включения вагонов с ОГ в поезда, система обеспечивает выдачу сообщений о нарушении плана формирования после ввода натурального листа поезда с нарушениями.

СМОГ в сочетании с внедренной на всех железных дорогах автоматизированной информационно-справочной системой «Опасные грузы» обеспечивает поиск сведений, используемых при ликвидации ЧС с ОГ.

Система «Опасные грузы» представляет собой подробный справочник по ОГ и условиям их перевозок, разработанный на основе действующих НТД [22 и др.] и, по сути, представляет собой электронную замену «бумажных» аварийных карточек на ОГ.

БД системы «Опасные грузы» содержит более 5000 наименований ОГ; сведения о свойствах, видах и степени опасности; требования к таре и контейнерам для перевозки ОГ, требования по маркировке вагонов; указания по особенностям оформления перевозочных документов.

Информационная система «Опасные грузы» обеспечивает [34]:

- поиск ОГ по ряду критериев;
- получение сведений о свойствах и степени опасности ОГ;
- доступ к предписаниям по условиям перевозки и обработки ОГ;

- просмотр требований по маркировке вагонов и контейнеров;
- получение указаний по оформлению перевозочных документов;
- получение информации о порядке действий при возникновении ЧС;
- формирование и печать отчетов по ОГ, включая условия их перевозки.

Внедрение указанных систем безусловно имело значительный эффект и способствовало повышению безопасности перевозок ОГ. Однако, в ряде работ [35] констатируется, что использование этих систем в настоящий момент уже не может дать положительного эффекта из-за отсутствия информационной поддержки, несвоевременного обновления БД, недостаточной интеграции с действующими на железной дороге системами и т.д.

На текущий момент требуются более совершенные системы, способные решать новые задачи на основе современных информационных технологий. В связи с этим были созданы такие системы, как:

- «Ликвидация чрезвычайных ситуаций с опасными грузами» (Л.А.Гребенюк, СГУПС), ограниченно внедренная на Забайкальской дороге;
- СКМ ОГ – «Ситуационно-аналитический комплекс компьютерного моделирования транспортных происшествий при перевозках опасных грузов на железнодорожном транспорте» (И.В. Мартынюк, «Криотрансэнерго» РГУПС), внедренный на станциях СКЖД Новороссийск, Туапсе и др.

СКМ ОГ [36, 37], использующий ГИС-технологии и работающий автономно на персональном компьютере, применяется для:

- смягчения последствий от ЧС с нефтеналивными ОГ на железнодорожных станциях;
- поддержки принятия оперативных управляющих решений;
- подготовки планов по ликвидации ЧС с нефтепродуктами.

К недостаткам комплекса СКМ ОГ относится то, что он эффективно работает только при ЧС с нефтеналивными ОГ на ограниченном числе станций, т.е. отсутствует свойство универсальности, что затрудняет тиражирование комплекса. Также в СКМ ОГ ограниченно применяются современные интеллектуальные технологии, отсутствуют функции автоматизированного

получения информации о ЧС от систем ОАО «РЖД» и передачи информации другим ЛПР, принимающим решения на разных ступенях и уровнях иерархии управления железнодорожным транспортом.

В то же время известно, что для выполнения важной технологической операции информирования ЛПР о возникновении ЧС в настоящее время на железнодорожном транспорте применяется многоканальная автоматизированная система «Градиент» (ООО «Прибор», г. Смоленск) [38]. Система используется для оперативной передачи информации группам абонентов в соответствии со списками информирования путем дозвона до них по телефонным линиям. Система представляет комплект аппаратного и программного обеспечения для среды «*Windows*».

Система «Градиент» применялась и при возникновении ЧС на станции Белая Калитва 9.05.2013 г., когда с ее помощью за 10 минут удалось оповестить 46 ЛПР из 59. Число неоповещенных ЛПР составило 13 человек [39].

При этом к недостаткам системы можно отнести то, что до ЛПР доводится лишь речевое сообщение о возникновении ЧС, без уточнения параметров и конкретизации типа ЧС, возникших последствий и т.д. Нет возможности продемонстрировать информацию в текстовом или графическом виде (например, показать схему станции, на которой возникла ЧС). Также прослушивание речевого сообщения отнимает много времени, в то время как суть ЧС должна быть доведена до соответствующего ЛПР оперативно [21].

Также известно [39], что с 2011 г. начал работу «Ситуационный центр мониторинга и управления ЧС ОАО РЖД», в котором внедрен разработанный НИИАС «Интеграционный комплекс систем автоматизации работы Ситуационного центра» (ИКСАР СЦ). К числу задач СЦ относятся:

- мониторинг состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава;
- прогнозирование опасности возникновения ЧС;
- разработка мероприятий для устранения опасных факторов;
- оперативное реагирование на возникновение ЧС и происшествий;
- своевременное информирование ЛПР руководящего звена ОАО «РЖД»

об угрозах безопасности, возникновении ЧС и транспортных происшествий.

Применяемый в Ситуационном центре комплекс ИКСАР СЦ, в частности, обеспечивает оперативную рассылку *SMS*-сообщений о произошедших транспортных происшествиях, событиях и ЧС.

Однако использование *SMS* также имеет ряд недостатков [40, 41]: текст *SMS* не может содержать более 70 знаков (при использовании кириллицы), что недостаточно для полного описания ЧС; из-за небольшого объема смысл *SMS* может восприниматься ЛПР по-разному, что ведет к принятию ошибочных решений; ЛПР нуждается в получении информации в графическом (например, схема станции, на которой произошла ЧС) и/или других видах; у МТ может быть отключен звук и/или виброзвонок, что не позволит абоненту своевременно заметить и прочитать *SMS*-сообщение.

Создание указанного Ситуационного центра является одним из предпринимаемых шагов к переводу информационного пространства железнодорожной отрасли от системы АСУЖТ, в рамках которой зачастую функционируют отдельные слабо связанные между собой информационные системы, к единой интеллектуальной системе управления ИСУЖТ.

Как отмечается [1], создаваемое в рамках ИСУЖТ информационное пространство железных дорог станет бесшовным, лишенным практики существования множества локальных систем, слабо связанных между собой. Начало реализации проекта ИСУЖТ стартовало в 2012 г., пока в его рамках реализуются 3 пилотных проекта на полигонах: Москва – Санкт-Петербург, Мариинск – Находка, Ярославль главный. Вводятся в эксплуатацию системы отслеживания грузовых вагонов при помощи радиочастотных меток и спутниковых технологий *GPS/ГЛОНАСС*, цифровая связь *GSM/GSM-R* и т.д.

Структура управления железнодорожной системой в рамках ИСУЖТ на основе специализированных АРМ показана на рисунке 1.3. Каждое АРМ будет обладать полным набором функций и элементами искусственного интеллекта, позволяющими ЛПР оперативно выполнять технологические операции ТП принятия управленческих решений в рамках полномочий своей ступени

управления, в том числе и в режиме реагирования на возникновение ЧС.

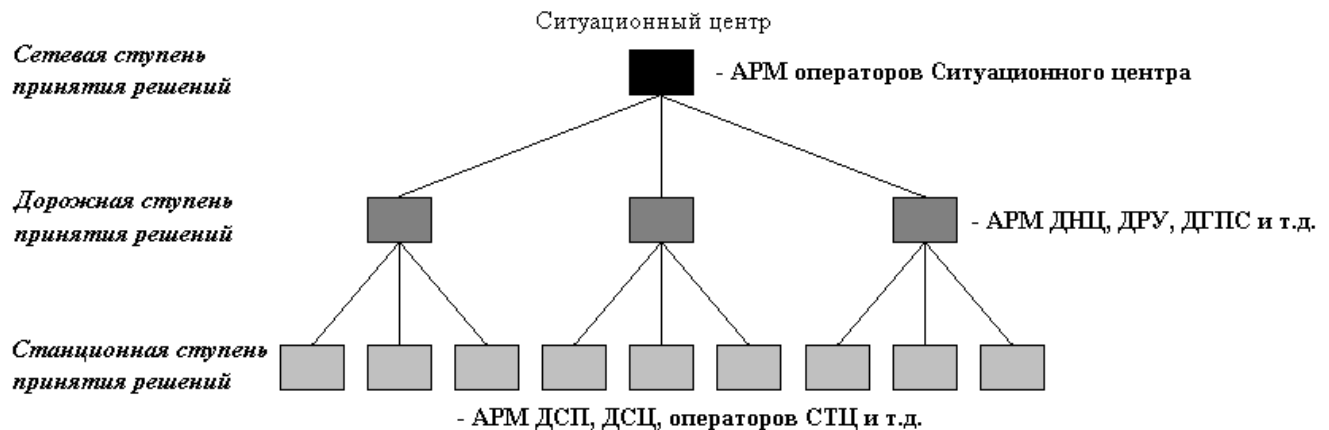


Рис. 1.3. Структура управления железнодорожной системой на основе специализированных АРМ

Создание ИСУЖТ позволит на базе существующей инфраструктуры создать единую информационную среду, в которой будут функционировать системы автоматизированного управления разного уровня, обеспечит работу в едином информационном пространстве приложений всех ступеней управления.

При этом, насколько известно, современной СППУР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, которая могла бы быть интегрирована в создаваемую ИСУЖТ, пока не создано. Это подтверждает актуальность направления исследований диссертационной работы.

В следующем разделе подробнее будут рассмотрены и сформулированы основные направления интеллектуализации и автоматизации процесса принятия управленческих решений при возникновении ЧС.

1.4. Основные направления решения задач интеллектуализации и автоматизации процесса принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте при возникновении ЧС

Как упоминалось, своевременно принятые управленческие решения ЛПР при возникновении ЧС с ОГ на железнодорожных станциях могут

минимизировать последствия и способствовать скорейшей ликвидации ЧС. Чтобы успешно справляться с этой задачей опытные ЛПР обладают необходимыми знаниями и навыками.

Но если порядок действий ЛПР при нормальных условиях часто повторяется и, стало быть, запоминается, а действия ЛПР при этом практически доведены до автоматизма, то возникновение чрезвычайных ситуаций происходит относительно редко. Не сталкиваясь с ними постоянно, ЛПР при возникновении ЧС, получив неполную и противоречивую информацию, могут проявить растерянность, неуверенность, что может привести к плачевным результатам. Особенно актуально это утверждение для ЛПР, не успевших приобрести достаточный опыт принятия управленческих решений [42].

Чтобы попытаться исключить это, необходимо обеспечить ЛПР возможность быстрого получения актуальных подсказок при помощи СППУР, которая содержит в себе знания опытного ЛПР (эксперта) и не растеряется в трудной ситуации.

Все задачи, решаемые ЛПР при возникновении ЧС, можно условно разделить [21, 29] на расчетные, информационные, интеллектуальные и их сочетания (рис. 1.4):

- расчетные задачи предполагают проведение достаточно сложной математической обработки данных;
- информационные задачи нацелены на поиск и ознакомление с информацией в требуемом объеме;
- интеллектуальные задачи нацелены на распознавание, классификацию, консультирование и т.д.

Разработчики существующих СППУР в той или иной степени решали первые две задачи, не уделяя достаточно внимания решению интеллектуальных задач, являющихся наиболее сложными из перечисленных.

К расчетным можно отнести задачи по определению зон воздействия поражающих факторов ЧС с помощью математически формализованных методик, например площади химического заражения при возникновении ЧС с

АХОВ. Такие методики подробно описаны в постоянно совершенствуемых документах [43-46 и др.]. На их основе успешно реализованы компьютерные программы [21, 40], позволяющие производить соответствующие расчеты: «Аммиак» (ЗАО «НПЦ ИРЭБ»), «АХОВ», «ТоксиГО» (НПП «Титан-Оптим»), «МАХОВ», «HAZARD» (ООО «ЦИЭКС»), «Токси+» (ЗАО «НТЦ ПБ») и др.



Рис. 1.4. Задачи, решаемые ЛПР при возникновении ЧС

К системам, решающим только информационные задачи можно отнести упоминавшиеся ранее системы СМОГ и «Опасные грузы», которые позволяют получить доступ к информации, хранимой в электронном виде, без ее существенного интеллектуального анализа.

К интеллектуальным можно отнести те слабоформализованные задачи, при решении которых ЛПР использует свой опыт, знания и интуицию для оценки ситуации и принятия управленческих решений. По оценкам [21] интеллектуальная деятельность ЛПР занимает до 20% времени от общей продолжительности управленческих циклов.

Анализ работы опытных ЛПР показывает [47], что большинство интеллектуальных задач, решаемых ими при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, можно отнести к задачам классификации.

Таковы, например, выполняемые ЛПР: оценка масштаба ЧС на основе имеющихся данных; определение круга лиц, подлежащих информированию о возникновении конкретной ЧС; оценка метеоусловий, влияющих на распространение АХОВ; выбор подходящего для ликвидации ЧС места остановки железнодорожного состава и т.д.

В общем виде математическая постановка задачи классификации выглядит так [48]. Пусть X – множество описаний ситуаций, Y – множество классов, к которым они могут относиться. Существует неизвестная целевая зависимость – отображение $y^*: X \rightarrow Y$, значения которой известны только на объектах конечной выборки $X^n = \{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$. Задача классификации будет успешно решена, если удастся построить алгоритм $\alpha: X \rightarrow Y$, способный классифицировать произвольную ситуацию $x \in X$.

В то время как ЛПР, принимающие решения на железнодорожных станциях, нуждаются в решении именно интеллектуальных задач, в науке существуют разные подходы к решению подобных задач, что актуализирует необходимость исследований в данном направлении.

ЧС с ОГ обычно разделяют на возгорания, взрывы, утечки ОГ и т.д., однако такое деление весьма условно и не достаточно точно. Нередко во время ЧС происходит сочетанное действие нескольких опасных факторов. Значительно важнее для ЛПР оценить масштаб возникшей ЧС с учетом местных особенностей конкретной железнодорожной станции [47]. В [29] констатируется, что классификация ЧС должна проводиться, исходя из конкретных потребностей потребителей ее результатов, то есть тех ЛПР, которые будут принимать решения. Использование универсальной классификации ЧС на конкретной железнодорожной станции нецелесообразно и затруднительно.

При этом в разрабатываемой СППУР возможно использовать следующий порядок интеллектуальной поддержки принятия решений ЛПР при возникновении ЧС: ввод (и/или автоматическое получение) имеющихся данных о возникшей ЧС $\rightarrow$ интеллектуальная оценка масштаба ЧС $\rightarrow$ вывод ЛПР

актуальной информации о рекомендуемом порядке действий при возникшей ЧС соответствующего масштаба (советов, подсказок), используемой для поддержки принятия управленческих решений и учитывающей местные особенности конкретной железнодорожной станции.

Вполне логично использовать в качестве информационной базы для формирования выводимых ЛПР подсказок имеющийся массив НТД, содержащий описание рекомендуемого порядка действий при возникновении ЧС, а также местных особенностей конкретных железнодорожных станций. Такое использование НТД может дать следующие преимущества [49]:

- повышается обоснованность и точность генерируемых советов, так как в их основе лежат достоверные данные, прошедшие многократную проверку в процессе разработки, согласования и утверждения НТД;
- снижается трудоемкость создания информационной базы, поскольку она ведется на основе уже согласованных между собой и частично формализованных документов, содержащих значимую информацию;
- упрощается решение проблем поиска, согласования и объединения экспертных знаний при разработке СППУР, так как, по сути, наиболее сложные процедуры рассматриваемого типа уже проведены в процессе разработки НТД и их результаты могут быть непосредственно использованы;
- появляется возможность комплексного подхода к решению задач управления ликвидацией последствий ЧС, позволяющего одновременно рассматривать взаимосвязанные, но принципиально различные по своей природе явления и процессы, сформировавшие возникшую ЧС.

При таком подходе СППУР, по сути, решая задачи классификации ЧС по масштабу, т.е. относя возникшую ЧС к одному из нескольких предварительно заданных классов масштаба ЧС, будет находить в своей БД фрагменты НТД, содержащие описание рекомендуемого порядка действий при возникновении ЧС соответствующего масштаба.

Фактически, подход позволяет выдать ЛПР необходимый совет на основе анализа решений, принятых опытными ЛПР при возникновении ЧС

аналогичного масштаба в прошлом. Таким образом, возможно облегчить процесс принятия решений ЛПР, опираясь на прошлый опыт и действуя аналогично тому, как действовали прежде. Такой подход является, по сути, вариантом метода аналогий [50], позволяющим ЛПР «привязать» свои действия к БД ранее принятых решений.

Формой реализации этого метода можно считать «таблицы решений» – наборы признаков типовых ЧС и заранее подготовленных опытными ЛПР соответствующих решений, которые они в данной ситуации считают оптимальными.

На основе такого подхода созданы СППУР, в частности, «Автоматизированная система поддержки принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций» по патенту РФ на полезную модель [51]. Указанная система позволяет организовать оперативное реагирование на сообщения о ЧС на основе типовых планов. С этой целью для каждого случая возможного возникновения ЧС (угрозы возникновения ЧС) заранее разрабатывается план проведения мероприятий по ликвидации ЧС на основе типовых планов, что позволяет сократить время на принятие решения за счет переноса основных усилий на этап повседневной деятельности, когда нет ограничений на время. Поиск актуального плана действий в БД производится по некоторым отличительным признакам создавшейся ЧС.

К недостаткам этой системы следует отнести то, что она не учитывает специфику железнодорожного транспорта, и то, что она реализована на устаревшей схемотехнической базе и не использует в полной мере современные интеллектуальные и телекоммуникационные технологии.

Одно из существенных ограничений применения такого метода к теме проводимого диссертационного исследования связано с тем обстоятельством, что ЧС происходят довольно редко и на железнодорожных станциях не существует накопленного и систематизированного опыта решения интеллектуальных задач классификации ЧС при их возникновении. Хотя в последнее время МЧС предпринимаются попытки по созданию БД, в которой

будет храниться подробная информация обо всех ЧС, произошедших в РФ [29], создание подобного банка данных является очень сложной задачей и ее реализация пока далека от завершения.

Преодоление этого ограничения возможно путем использования знаний опытных ЛПР (экспертов) и требует разработки метода интеллектуализации процесса поддержки принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте.

Успешное решение этой задачи открывает возможность оперативной выдачи ЛПР не только советов по рекомендуемому порядку действий, но и расчетных методик, соответствующих типу и масштабу возникшей ЧС, реализованных в виде компьютерных подпрограмм, а также актуальных списков информирования внешних ЛПР, подлежащих информированию о возникновении конкретной ЧС. Т.е. для ЧС каждого вида и масштаба могут быть заранее разработаны свои алгоритмы принятия решений, проведения расчетов, информирования ЛПР и т.д., которые будут использоваться для поддержки принятия управленческих решений.

Целесообразно предусмотреть в разрабатываемой СППУР подсистему оперативного информирования внешних ЛПР второго уровня, относящихся к ступени принятия решений линейного пункта (станции). Недостатки применяемых сейчас на железнодорожном транспорте систем информирования «Градиент» и SMS-рассылки были кратко рассмотрены в предыдущем разделе.

Очевидно, что пока существующие телефонные сети являются практически единственным реальным способом доставки информации до ЛПР второго уровня (МВД, Служба спасения, Санэпидемнадзор и т.д.), не подключенных к железнодорожным системам передачи данных [52]. Руководители и ЛПР указанных служб постоянно носят свои МТ, работающие в сетях GSM, ожидая звонка или SMS с информацией о возникновении ЧС.

При этом зачастую недостаточное качество доводимой до них информации и несвоевременность информирования значительно снижают эффективность принимаемых управленческих решений. Поэтому, весьма желательно

обеспечить ЛПР второго уровня актуальными данными о возникшей ЧС, содержащими информацию в различном виде. Например, в графическом виде – схемой железнодорожной станции, на которой возникла ЧС, и картой прилегающих к ней территорий.

Реализовать подобную задачу возможно на основе применения современных мобильных телекоммуникационных технологий. В последнее время среди абонентских устройств значительное распространение получили смартфоны [53]. Они, в частности, отличаются от обычных МТ наличием развитой операционной системы, открытой для быстрой разработки и установки дополнительного программного и аппаратного обеспечения. По сути, современные смартфоны представляют собой компактные карманные компьютеры, не уступающие по характеристикам (производительность процессора, объем памяти, разрешение экрана и т.д.) некоторым настольным компьютерам и имеющие такие дополнительные функции, как возможность определения координат своего местонахождения по сигналам спутниковой системы позиционирования *GPS/ГЛОНАСС*.

Представляет большой интерес возможность установки дополнительных программ и/или устройств, позволяющих улучшить функциональность смартфонов при получении сообщений (входящих *SMS*) о возникновении ЧС.

Например, в США разработана *SMS*-система оповещения о ЧС под названием *PLAN*, в рамках которой в смартфоны внедряют специальные чипы [54], позволяющие им в приоритетном порядке принимать оповещения, даже если на линии сотовой связи происходят сбои или на телефон поступает множество звонков. Подобные системы созданы в Израиле [55], Австралии [56] и, в основном, направлены на оповещение населения, но не на информирование ЛПР при возникновении ЧС.

Это определяет необходимость развития методов автоматизированного информирования лиц, участвующих в процессе принятия управленческих решений при возникновении ЧС, на основе мобильных телекоммуникационных технологий с применением *GSM*-связи и *SMS*-сообщений.

Так же анализ схемы процесса принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железной дороге, приведенной на рис. 1.2, показывает, что ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС (локомотивные бригады, сопровождающие ОГ и т.д.), первыми принимающие оперативные решения по ликвидации ЧС и информированию ЛПР вышестоящих ступеней принятия решений, практически не имеют доступа к компьютерным технологиям, которые могли бы осуществить интеллектуальную поддержку принятия ими оперативных решений по ликвидации ЧС.

Учитывая высокий уровень развития мобильных компактных вычислительных устройств (смартфонов, планшетных компьютеров и т.д.) целесообразно рассмотреть возможность создания на их основе элементов СППУР, обеспечивающих удобный доступ ЛПР, относящихся к ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС, к электронным вариантам НТД, описывающим полномочия, порядок взаимодействия и информирования ЛПР, а также к подпрограммам, осуществляющим расчеты зон воздействия поражающих факторов ЧС на основе утвержденных методик.

Так же возможна интеграция таких устройств с элементами разрабатываемой СППУР, устанавливаемыми непосредственно на железнодорожной станции, и обеспечение обмена данными между ними на основе железнодорожной модификации технологии *GSM*, известной под названием *GSM-R (GSM-Railway)*.

В то время как *GSM-R* получила широкое распространение в странах Европы, в России ведутся дискуссии о целесообразности ее использования [57]. С 2001 года элементы *GSM-R* проходят отработку в России. Пока решения на платформе *GSM-R* внедрены в опытную эксплуатацию лишь на нескольких участках (Екатеринбург – Камышлов (Свердловская железная дорога), Туапсе – Сочи – Адлер – Альпика Сервис – Веселое (СКЖД) и др.).

В диссертационной работе будут рассмотрены вопросы практической реализации создаваемой СППУР. В том числе перспективы ее интеграции с

другими системами в рамках ИСУЖТ, возможность получения данных в автоматизированном режиме и при помощи ручного ввода различными ЛПР. Также необходимо рассмотреть и вопросы оптимального структурного сегментирования разрабатываемой информационной системы.

Для проверки работоспособности предложенных элементов создаваемой системы необходимо разработать реализующие их прототипы программного и аппаратного обеспечения, а также провести их экспериментальное исследование.

В итоге можно сформулировать следующие задачи интеллектуализации и автоматизации ТП принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте при возникновении ЧС, которым будут посвящены последующие главы диссертационной работы:

- разработать подход к поддержке принятия решений ЛПР на железнодорожных станциях при возникновении ЧС, путем интеллектуализации решения задач классификации, с которыми сталкиваются ЛПР при возникновении ЧС, на основе знаний опытных ЛПР (экспертов);
- автоматизировать информирование лиц, участвующих в процессе принятия управленческих решений при возникновении ЧС, на основе мобильных телекоммуникационных технологий с применением мобильной связи и *SMS*-сообщений;
- обеспечить доступ к современным информационным технологиям ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС (локомотивные бригады, сопровождающие ОГ и т.д.), первыми принимающих оперативные решения по ликвидации ЧС и информированию ЛПР вышестоящих ступеней;
- исследовать вопросы практической реализации СППУР, в том числе предложить структуру основных элементов информационной системы, провести их концептуальное моделирование и рассмотреть перспективы интеграции с другими системами в рамках ИСУЖТ;
- разработать прототипы программного обеспечения, реализующего предложенные методы и алгоритмы, и подлежащего использованию в

элементах разрабатываемой информационной системы, а также провести их экспериментальное исследование.

1.5. Выводы по главе 1

В итоге, сформулируем выводы по первой главе диссертационной работы:

- рассмотрены особенности возникновения ЧС на железнодорожном транспорте и принятия управленческих решений, в вертикально-структурированной иерархической структуре системы управления железнодорожным транспортом выделены ступени ТП принятия управленческих решений при возникновении ЧС;

- определены обязанности лиц, участвующих в ТП принятия решений при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, и выполняемые ими основные технологические операции, регламентируемые массивом НТД;

- установлено, что возникновение ЧС наиболее вероятно на станциях обслуживающих составы с ОГ, поэтому интерес вызывает степень принятия решений линейного пункта (станции), выполняющая важнейшие этапы ТП при возникновении ЧС, от которых зависит оперативная ликвидация последствий;

- проведен обзор информационных систем, функционирующих в системе управления железнодорожным транспортом, установлено, что на железнодорожном транспорте происходит переход от АСУЖТ к ИСУЖТ на основе специализированных АРМ, обладающих элементами искусственного интеллекта, позволяющих ЛПР выполнять технологические операции ТП принятия управленческих решений, при этом современной СППУР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте пока не создано;

- показана необходимость создания специализированной СППУР при возникновении ЧС, разработанной с учетом ТП работы конкретных станций, которая могла быть интегрирована в создаваемую систему ИСУЖТ, взаимодействовала со специализированными АРМ, обеспечивала поддержку принятия решений ЛПР на железнодорожной станции, содержала средства

информирования ЛПР второго уровня;

- определены основные подходы и направления решения задач интеллектуализации и автоматизации процесса принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте при возникновении ЧС, по которым следует вести работу при разработке указанной СППУР.

ГЛАВА 2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

2.1. Задачи классификации, решаемые при принятии управленческих решений в условиях возникновения ЧС, и особенности их интеллектуализации

Как отмечалось в разделе 1.4, большинство интеллектуальных задач, решаемых ЛПР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, относятся к задачам классификации.

Среди них центральное место можно отвести задаче оценки масштаба возникшей ЧС на основе имеющихся данных. Именно в проведении предварительной оценки масштаба ЧС нуждается ЛПР в первые минуты после получения информации о возникновении ЧС [47].

Математическая постановка этой задачи практически идентична ранее приведенной постановке задачи классификации в общем виде. Если принять, что Z – это множество параметров ЧС, которые могут быть получены ЛПР при ее возникновении, а M – множество классов масштаба ЧС, к которым она может быть отнесена и, при этом, существует неизвестная зависимость $z^*: Z \rightarrow M$, значения которой известны только на объектах конечной выборки $Z_i = \{(z_i, m_i)\}$, $i = 1, \dots, k$, то необходимо создать систему $\gamma: Z \rightarrow M$, способную корректно классифицировать произвольную ЧС масштаба $m \in M$.

От успешного решения этой задачи во многом зависит выполнение последующих операций ТП принятия решений при возникновении ЧС. Т.е. ее можно рассматривать как основу принятия управленческих решений. В СППУР это позволяет определять рекомендуемый ЛПР набор действий при возникновении ЧС, как функцию (соответствие) от масштаба и типа произошедшей ЧС:

$$F(M, T) \rightarrow P, \quad (1)$$

где M – масштаб ЧС,

T – тип ЧС,

P – рекомендуемый ЛПР набор действий.

При этом в рекомендуемый ЛПР набор действий P входят не только советы по рекомендуемому порядку действий, сформированные на основе действующей НТД, но и другие элементы:

$$(So, Me, In) \in P, \quad (2)$$

где So – советы по рекомендуемому порядку действий, сформированные на основе действующей НТД (фрагменты НТД),

Me – формализованные расчетные методики, соответствующие типу и масштабу ЧС, реализованные в виде компьютерных подпрограмм,

In – сценарии информирования внешних ЛПР о возникновении ЧС (списки информирования и шаблоны типовых сообщений).

Такой подход позволяет абстрагироваться от принципиально различных по своей природе явлений и процессов, сформировавших возникшую ЧС и организовать поддержку принятия решений ЛПР на основе ожидаемого масштаба ЧС. Таким образом, СППУР будет способствовать оперативному решению информационных и расчетных задач на основе полученного решения интеллектуальной задачи классификации ЧС.

Также важной задачей классификации, решаемой ЛПР при возникновении ЧС с АХОВ, является задача определения класса устойчивости приземного слоя атмосферы [58], который оказывает значительное влияние на интенсивность рассеивания примесей в приземном слое воздуха и определяет глубину распространения облака АХОВ, а, следовательно, и масштаб такой ЧС.

По существующим методикам [43-46] ЛПР определяют класс устойчивости атмосферы при помощи таблиц, подставляя в них метеоданные фактической погоды (скорость ветра, уровень облачности, время суток, наличие снежного покрова), которые могут быть получены от метеостанций или путем непосредственного наблюдения. Опытные ЛПР (эксперты) [59] способны определить класс устойчивости атмосферы визуально по внешним признакам.

Однако у большинства ЛПР это может вызвать затруднения, особенно в экстремальных условиях ЧС.

Согласно НТД [43-46], если невозможно точно определить устойчивость атмосферы, то при принятии решений ЛПР должны исходить из ее наихудшего состояния, что ведет к завышенной оценке глубины зоны заражения АХОВ. А следовательно, приводит к необоснованным материальным затратам, преувеличению потребных сил и средств ликвидации ЧС, ошибочному вызову служб на место ЧС, «оголению» других участков и т.д.

Отмечается [60], что используемые классификационные схемы дают значительный разброс при оценке класса устойчивости атмосферы. В более ранних методиках [43, 45] устойчивость атмосферы характеризовалась тремя состояниями – конвекцией, изотермией, инверсией. Из них инверсия, способствующая сохранению высоких концентраций АХОВ и их распространению, является наиболее неблагоприятной.

В новых документах [46] вводится уже шесть классов устойчивости атмосферы (модифицированные классы по Паскуилу) – *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*. Наиболее неблагоприятными с точки зрения распространения АХОВ являются классы *E* и *F*. Также [60] существует классификация по Тернеру, вводящая 7 классов устойчивости атмосферы. Для характеристики атмосферы возможно использовать и лингвистические переменные (очень неустойчивая, умеренно неустойчивая и т.д.), соответствующие оценкам, обычно используемым ЛПР при принятии решений. Соответствие между классами устойчивости атмосферы приведено в таблице 2.1.

Задача определения класса устойчивости атмосферы математически формулируется, как задача классификации, где $G = [\text{скорость ветра, уровень облачности, время суток, снежный покров}]$ – множество описаний параметров фактической погоды, $Q = \{A, B, C, D, E, F\}$ – множество классов устойчивости атмосферы. Существует неизвестное отображение $g^*: G \rightarrow Q$, значения которого известны только на объектах конечной выборки $G_j = \{(g_1, q_1), \dots, (g_j, q_j)\}$. Требуется найти алгоритм $\beta: G \rightarrow Q$, способный корректно классифицировать

произвольное состояние погоды $g \in G$.

Таблица 2.1. Качественное соответствия между классами устойчивости и характеристикой атмосферы

Характеристика атмосферы	Класс устойчивости по Тернеру	Класс устойчивости по Паскуилу	Степень устойчивости атмосферы
Очень неустойчивая	1	A	Конвекция
Умеренно неустойчивая	2	B	
Слабо неустойчивая	3	C	
Безразличная	4	D	Изотермия
Слабо устойчивая	5		
Умеренно устойчивая	6	E	Инверсия
Очень устойчивая	7	F	

Подобным образом могут быть сформулированы и другие задачи классификации, обычно решаемые ЛПР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте, например, задача выбора подходящего для ликвидации ЧС места остановки железнодорожного состава и т.д.

Ранее указывалось, что при решении таких интеллектуальных задач наблюдается разница между действиями опытных ЛПР (экспертов) и большинства других ЛПР, не успевших приобрести достаточный опыт принятия управленческих решений. Также отмечалось, что даже опытные ЛПР в напряженной обстановки ЧС могут проявить растерянность и не выполнить необходимые действия. Поэтому для успешной поддержки принятия решений следует использовать знания только опытных ЛПР (экспертов), извлеченные и сохраненные в памяти СППУР, которая не растеряется при возникновении ЧС и поможет выполнить необходимые действия.

Под экспертами здесь и далее понимаются ЛПР, способные успешно справляться с решением интеллектуальных задач при возникновении ЧС, обладающие необходимыми специальными знаниями и навыками принятия верных управленческих решений, компетентные в рассматриваемой предметной области. Экспертное знание формируется при практическом

решении задач в течение длительного времени. Отмечается [61], что ЛПР требуется более 10 лет, чтобы стать опытным экспертом.

При этом также следует иметь в виду, что при решении задач классификации эксперт учитывает специфические условия, присущие конкретной железнодорожной станции, на которой возникла ЧС. Поэтому, для обеспечения массового тиражирования разрабатываемой СППУР в ней должны быть предусмотрены возможности легкой настройки и адаптации на месте ее внедрения, обучения на основе априорных экспертных знаний и информации, полученной в ходе эксплуатации системы.

Интеллектуализацию можно определить, как процесс моделирования и воспроизведения с помощью ЭВМ деятельности человека, связанной с решением интеллектуальных задач [62]. В работах [61, 62, 63] отмечается принципиальное различие в подходах к интеллектуализации для хорошо формализуемых предметных областей, к которым относятся задачи физики и математики, и слабоформализуемых областей, к которым относится большинство ситуаций, объектов и ТП на транспорте, в том числе, и приведенные в этом разделе задачи классификации ЧС.

К особенностям слабоформализуемых предметных областей относят то, что в них определяющими факторами при принятии решений являются профессиональные умения, опыт и интуиция эксперта (слабоформализуемые знания). Основные проблемы извлечения слабоформализуемых экспертных знаний обусловлены тем, что правила, которые удастся получить от эксперта в явном виде, охватывают лишь наиболее простые задачи из тех, которые он способен правильно решить, а значительную часть своего профессионального опыта эксперты не могут выразить словесно (вербально) [64].

Решение указанной проблемы извлечения экспертных знаний в слабоформализуемых предметных областях определяет основные аспекты дальнейшего построения системы. Проблема относится к наиболее сложным, актуальным и до сих пор не решенным в полной мере, являясь «узким местом» при создании систем, основанных на знаниях. Исследования в этом

направлении продолжаются [61, 63].

Задача осложняется тем, что в область слабоформализуемых знаний эксперта попадают редко встречающиеся на практике случаи возникновения ЧС. Однако именно в таких ситуациях ЛПР в наибольшей степени нуждается в интеллектуальной поддержке принятия решений со стороны СППУР [65].

Проиллюстрируем это графически, на примере случая двухклассовой классификации линейно сепарабельных ситуаций, когда число классов равняется двум, который может служить образцом решения более сложных задач.

На рисунке 2.1 вектор признаков $u = [u_1, u_2]$, описывающих исследуемую ситуацию состоит из двух признаков u_1 и u_2 отложенных по соответствующим координатным осям. Эксперту на основе своего опыта и знаний следует классифицировать произвольную ситуацию u , отнеся ее к классу A или к классу B . Поскольку классы линейно отделены, т.е. лежат в двух различных полупространствах, то их следует разделить прямой линией, называемой решающей границей (*decision boundary*).

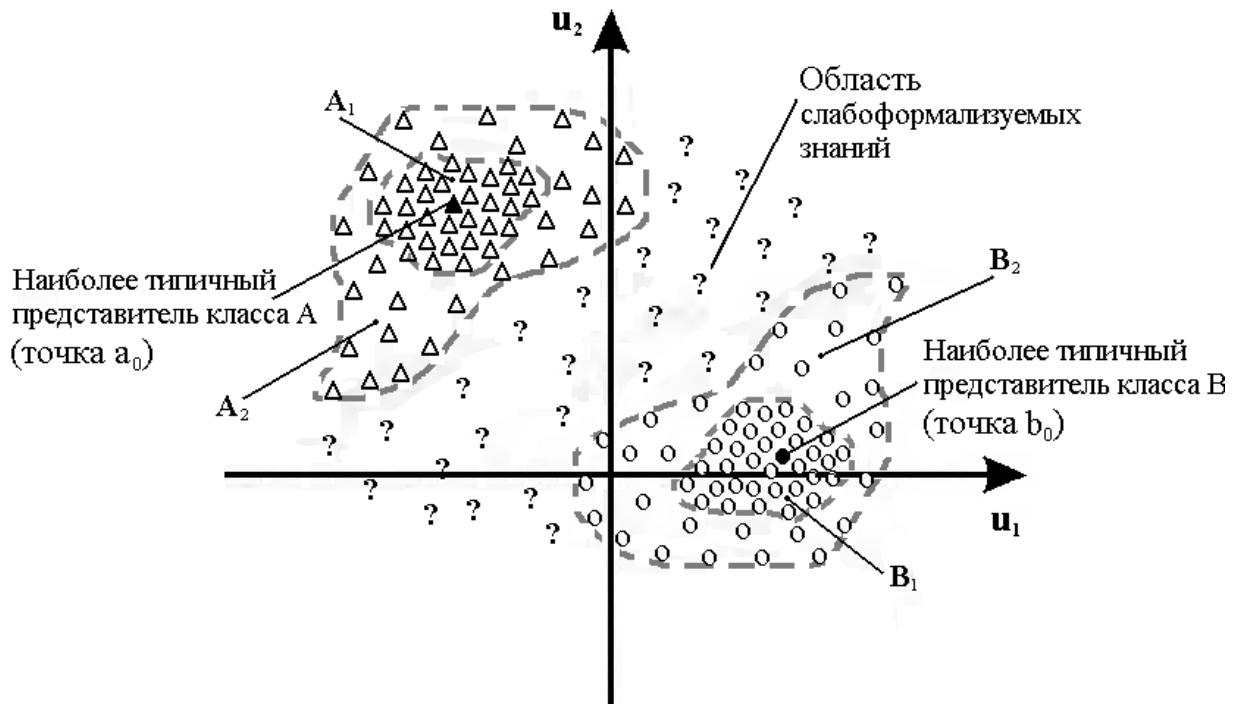


Рис. 2.1. Графическая иллюстрация слабоформализуемых знаний эксперта

На рисунке 2.1 показано, что эксперт в своей повседневной практике чаще всего встречается с ситуациями, принадлежащими к областям A_1 и B_1 , находящимся в окрестностях точек $a_0 \in A_1$ и $b_0 \in B_1$ пространства признаков, описывающих наиболее типичных представителей каждого класса.

Евклидово расстояние

$$R(a_0, b_0) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_{ia} - u_{ib})^2}, \quad (3)$$

где $n = 2$ (число координат равняется двум), между точками a_0 и b_0 , описывающими наиболее типичных представителей каждого класса, много больше расстояния от точки a_0 до границы области A_1 (B_1 аналогично).

Для областей A_1 и B_1 эксперты могут вербально объяснить правила классификации, которыми они пользуются в своей работе. Ситуации, принадлежащие к областям A_2 и B_2 (и не принадлежащие к A_1 и B_1) встречаются реже, эксперту вербально сформулировать правила классификации для этих ситуаций намного труднее, но возможно.

Далее, между областями A_2 и B_2 , находится область слабоформализуемых знаний эксперта. Здесь должна проходить линия решающей границы, но поскольку в этой области находятся редко встречающиеся на практике случаи возникновения ЧС, а эксперт при их классификации использует свои слабоформализуемые знания, то очень сложно определить, где следует провести эту линию (т.е. найти уравнение, задающее решающую границу).

В работе [63] была выдвинута гипотеза и проведена серия экспериментов, подтвердивших, что эксперт при классификации интуитивно не использует правила разделения классов (т.е. уравнения решающих границ), но при этом способен верно отнести конкретные ситуации из области слабоформализуемых знаний к их классам.

Также установлено [66], что эксперты практически всегда способны корректно описать признаки (в том числе и с указанием их точных числовых значений) «наиболее типичных представителей» каждого исследуемого класса

ситуаций (или объектов). Т.е. всегда можно найти и описать ситуации a_0 и b_0 , принадлежащие областям A_I и B_I :

$$\exists a_0, a_0 \in A_I \quad \text{и} \quad \exists b_0, b_0 \in B_I \quad (4)$$

Определение этих особенностей работы эксперта при решении задач классификации, открывает возможности интеллектуализации разрабатываемой СППУР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте и извлечения знаний эксперта, относящихся к области слабоформализуемых знаний.

2.2. Проблемы применения существующих технологий интеллектуализации и пути их решения

Технологии, относящиеся к интеллектуализации систем, включают в себя многие идеи разных дисциплин: математики, философии, психологии, биологии, теории управления и т.д. К началу 21-го века наука позволила разработчикам иметь у себя в арсенале несколько технологий интеллектуализации (продукционные правила, нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика и т.д.), а также использовать их различные сочетания (т.н. «гибридные технологии») [62].

Подход к созданию интеллектуальных экспертных и советующих систем, уже ставший «классическим» [62, 64], предполагает использование баз знаний, содержащих совокупность фактов и правил логического вывода, моделирующих поведение эксперта с использованием процедур логического вывода и принятия решений (продукционные системы).

Эффективность продукционных, нечетко-логических систем и их модификаций во многом определяется объемом и качеством содержащихся в них формализованных экспертных знаний. Для этого специалисты, которых называют инженерами по знаниям, при построении баз знаний, должны представить в формализованной форме логические рассуждения и заключения экспертов о предметной области, которые ложатся в основу базы знаний.

Как указывалось в предыдущем разделе, практически невозможно

сформулировать адекватные правила-продукции для областей слабоформализуемых знаний. Построение и тестирование достоверных продукционных моделей в этих областях вызывает серьезные трудности.

Согласно подходу к решению этой проблемы, используемому рядом авторов [62], предлагается выделить те области пространства признаков, для которых отсутствуют достаточные данные, и если эти области имеют значительный размер, то просто исключить их из процесса моделирования, указав пользователю, что в этих областях модель неработоспособна.

Такой подход используется, но он не подходит для выбранной в исследовании предметной области, поскольку, как уже отмечалось, именно в таких, редко встречающихся случаях возникновения ЧС, ЛПР, не обладающее достаточным опытом, в наибольшей степени нуждается в интеллектуальной поддержке принятия своих решений.

В других подходах, являющихся наиболее перспективными с точки зрения их использования в разрабатываемой СППУР, используют методы, основанные на различных алгоритмах машинного обучения, среди которых в первую очередь следует выделить искусственные нейронные сети, позволяющие создавать работоспособные системы для слабоформализуемых областей знаний. Как отмечается в [62], ИНС подходят для решения класса задач, где используются не столько формализованные правила, как в традиционных экспертных системах, сколько опыт самого эксперта.

Известно [66], что корректно обученные ИНС эффективно справляются с решением разнообразных практически востребованных задач классификации. На основе технологии ИНС и ее различных вариаций уже создано или находится в стадии разработки множество систем, применяемых для поддержки принятия решений в различных областях народного хозяйства [67, 68, 69], включая и железнодорожный транспорт [70, 71, 72, 73].

ИНС представляют собой аппаратные и/или программные системы, построенные по принципу организации и функционирования сетей нервных клеток живых организмов. ИНС возникли в середине 20-го века, как попытка

смоделировать процессы, протекающие в мозге человека.

ИНС является системой взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов), соединенных в достаточно большую сеть, имеющую несколько слоев. Каждый нейрон ИНС обрабатывает сигналы, которые он периодически получает, и сигналы, которые он посылает другим нейронам, если сумма сигналов соответствует заданному порогу (функции активации). Будучи соединенными в сеть, такие нейроны вместе способны решать сложные задачи, в частности, задачи классификации [74].

Процесс определения корректных весов межнейронных (синаптических) связей называется «обучением» ИНС. Возможность обучения – одно из главных преимуществ ИНС. Эффективность их работы зависит от правильной организации процесса обучения, что является важной и творческой задачей.

К одним из наиболее популярных [75] способов машинного обучения ИНС решению задач классификации относится обучение «с учителем» (*supervised learning*), в ходе которого ИНС обучается с помощью примеров «стимул-реакция» (наборов пар, состоящих из обучающих векторов $u(n)$ и эталонных сигналов $d(n)$).

Между обучающими векторами и эталонными сигналами («стимул-реакция») существует некоторая зависимость, но она неизвестна. Известна только обучающая выборка – конечная совокупность из n пар «стимул-реакция». На основе этих данных требуется так настроить синаптические веса ИНС $w(n)$, чтобы по завершении процесса обучения ИНС могла корректно классифицировать поступающие на ее вход сигналы, включая и те, что отсутствовали в обучающей последовательности.

В отличие от продукционных систем, где используется дедуктивное (лат. *deductio* – выведение) решение задач на основе ограниченного числа заранее определенных правил-продукций, обучение ИНС на основе некоторого множества предъявленных примеров (пар «стимул-реакция») является индуктивным обучением (лат. *inductio* – наведение), а формируемое ИНС предположение о виде неизвестных уравнений решающих границ – гипотезой.

Рассмотрим способ обучения ИНС «с учителем» в случае линейно сепарабельных классов на примере модели ИНС, называемой персептрон. На рис. 2.2 представлена структура персептрона, построенная в соответствии с описанием его создателя Ф. Розенблатта, приведенным в книге [76].

Задача персептрона заключается в классификации вектора входных сигналов ИНС $u(n) = [u_1(n), \dots, u_N(n)]$ в смысле отнесения его к одному из двух классов (рассматриваем случай, когда число классов $S = 2$), обозначаемых символами A и B .

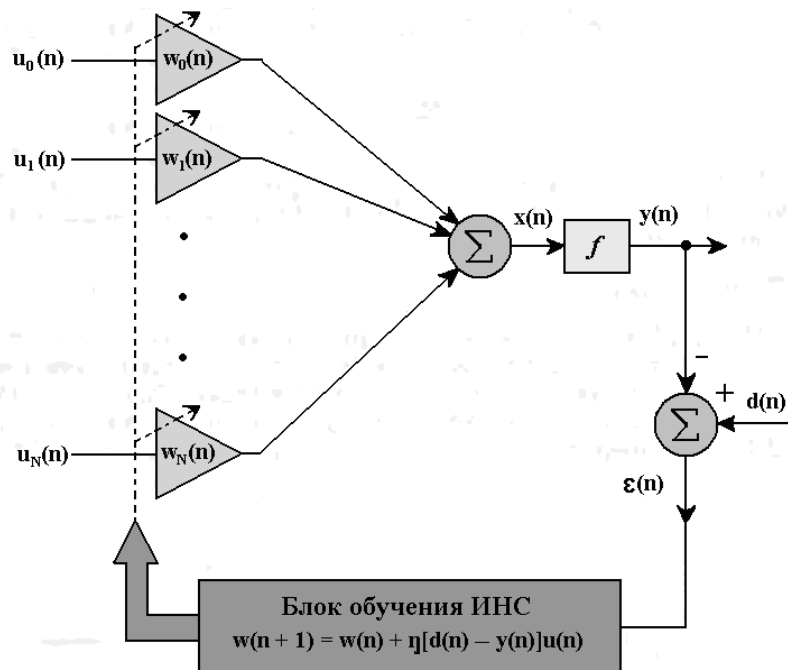


Рис. 2.2. Структура ИНС типа персептрон

Т.к. в персептроне в качестве функции активации f используется функция:

$$y = f\left(\sum_{i=0}^N w_i u_i\right), \quad (5)$$

в которой

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{при } x \geq 0; \\ -1, & \text{при } x < 0, \end{cases} \quad (6)$$

где $w_0, \dots, w_N$ – синаптические веса ИНС,

y – выходной сигнал ИНС,

то персептрон относит вектор $u(n)$ к классу A , если выходной сигнал y принимает значения 1 и, к классу B , если выходной сигнал y принимает значение -1 .

Персептрон разделяет N -мерное пространство входных векторов $u(n)$ на два полупространства, разделяемые $(N-1)$ -мерной гиперплоскостью (решающей границей), задаваемой уравнением сигнала x на выходе линейной части персептрона:

$$\sum_{i=0}^N w_i u_i = 0, \quad (7)$$

где $w_0 u_0 = -v$ пороговое значение.

Решающая граница (7) при $N = 2$ превращается в прямую линию, задаваемую уравнением:

$$w_1 u_1 + w_2 u_2 - v = 0. \quad (8)$$

Любая точка $u(n) = [u_1, u_2]$, лежащая над этой прямой, показанной на рисунке 2.3, относится к классу A , тогда как точка $u(n) = [u_1, u_2]$, лежащая под этой прямой, будет относиться к классу B .

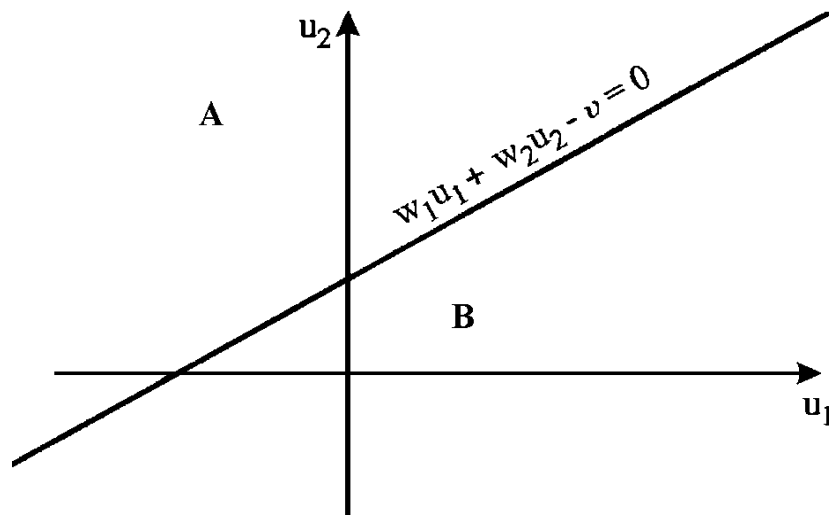


Рис. 2.3. Двумерное пространство входных векторов ИНС и разделяющая классы решающая граница

Блок обучения персептрона корректирует веса синаптических связей $w(n)$ по мере обучения в соответствии со следующей формулой:

$$w(n+1) = w(n) + \eta[d(n) - y(n)]u(n). \quad (9)$$

Разность $d(n) - y(n)$ в формуле (9) является погрешностью $\varepsilon(n)$ между эталонным (заданным) сигналом $d(n)$ и фактическим выходным сигналом $y(n)$, а параметр η при $0 < \eta < 1$ – это шаг коррекции синаптических весов.

Доказано [75, 76], что алгоритм (9) с итерации n_0 сходится, т.е.

$$w(n_0) = w(n_0 + 1) = w(n_0 + 2) = \dots \quad (10)$$

Согласно теореме сходимости алгоритма обучения персептрона с фиксированным приращением, это свидетельствует об окончании обучения.

Веса w_i , $i = 0, 1, \dots, N$ в уравнении гиперплоскости (7) изначально неизвестны. В процессе обучения на вход персептрона последовательно подаются обучающие векторы (сигналы) $u(n)$, $n = 1, 2, \dots$, где $u(n) = [u_1(n), \dots, u_N(n)]$. Задача обучения персептрона, по сути, и состоит в поиске неизвестных значений синаптических весов w_i . Их нахождение позволяет построить гипотезу уравнения решающей границы. По завершении процесса обучения персептрон должен корректно классифицировать поступающие на его вход сигналы, в том числе и те, которые отсутствовали в обучающей последовательности $u(n)$, $n = 1, 2, \dots, K$.

Классы, не соответствующие условию линейной сепарабельности, могут быть разделены ИНС типа персептрон в случае увеличения числа ее слоев [76]. Обучение других моделей ИНС «с учителем», в целом, происходит аналогично описанному выше. Под ИНС в дальнейшем будем обозначать искусственную нейронную сеть, подходящую для решения задач классификации и поддающуюся обучению путем коррекции вектора синаптических весов.

Очевидно, что точность имитации деятельности эксперта при помощи ИНС зависит от полноты и достоверности используемой обучающей выборки, что не всегда удастся обеспечить на практике, особенно для описанных ранее слабоформализуемых предметных областей. Отсутствие достаточного ряда наблюдений исследуемых ситуаций не позволяет сформировать необходимого числа обучающих векторов для корректного обучения ИНС «с учителем».

Существует и такой способ обучения ИНС [77], при котором она

устанавливается на рабочем месте опытного ЛПР и имеет возможность следить за фактически предпринимаемыми им действиями при возникновении тех или иных ситуаций, в результате чего обучается действовать в таких ситуациях подобно этому ЛПР. Однако, как уже неоднократно отмечалось, многие ЧС могут происходить достаточно редко, а поэтому на обучение ИНС таким образом может потребоваться непозволительно много времени (месяцы, годы).

Для преодоления указанных недостатков требуется разработка метода обучения ИНС, позволяющего производить обучение ИНС на основе знаний эксперта, в том числе и в слабоформализуемых предметных областях, за приемлемое время. Метод должен позволить обучить ИНС так, чтобы она содержала в себе знания конкретного эксперта, участвующего в ее обучении, и имитировала элементы его интеллектуальной деятельности при возникновении ЧС.

Такая постановка задачи согласуется с известным тестом [78], предложенным А.Тьюрингом, согласно которому компьютерная система считается интеллектуальной, если она может действовать подобно человеку. Академик В.М. Глушков сформулировал это таким образом [62], что следует искать «практически функционирующие алгоритмы, которые работали бы так же или лучше, чем специалист этой области».

Авторский метод обучения ИНС решению задач классификации на основе знаний эксперта, позволяющий преодолеть указанные трудности, будет подробно описан в следующем разделе диссертации.

2.3. Метод обучения искусственной нейронной сети на основе знаний эксперта и его алгоритмы

В разделе представлен разработанный автором метод обучения ИНС, позволяющий производить обучение ИНС на основе знаний эксперта, в том числе и в слабоформализуемых предметных областях, и его алгоритмы. Основные положения метода были опубликованы в работах [66, 79], метод

защищен патентом РФ [80] на изобретение «Способ обучения искусственной нейронной сети» №2504006, приведенным в приложении А.

Описываемый метод обучения ИНС позволяет применять технологию ИНС в случае отсутствия достаточного для ее обучения ряда наблюдений исследуемых ситуаций, за счет использования знаний компетентного в рассматриваемой области эксперта.

Метод относится к группе методов, в которых для формирования обучающей выборки эксперт последовательно делает заключения относительно предъявляемых ему описаний ситуаций из рассматриваемой предметной области. Метод исходит из приведенного в разделе 2.1 утверждения, согласно которому эксперт может делать такие заключения по предъявляемым ему описаниям ситуаций, даже если они относятся к области слабоформализуемых знаний.

Такие знания можно выявить только в ходе практических операций эксперта (например, в процессе принятия решений). В предлагаемом методе эксперт последовательно определяет классы исследуемых ситуаций, к которым относятся сгенерированные с помощью генератора псевдослучайных чисел обучающие векторы входных сигналов ИНС, принадлежащие рассматриваемой области, и созданные компьютерными средствами визуальные образы, наглядно описывающие ситуации, задаваемые сгенерированными обучающими векторами. Результаты работы эксперта записывают на носитель информации в виде пар «стимул-реакция» и используют для обучения ИНС.

Выявление знаний таким способом наиболее близко к реальной профессиональной деятельности эксперта, поэтому полученные результаты содержат, в том числе, и подсознательный слой экспертного знания, который может быть в дальнейшем исследован и формализован.

Создание компьютерными средствами визуальных образов ситуаций, задаваемых генерируемыми обучающими векторами, облегчает работу эксперта по распознаванию предлагаемых ему ситуаций в смысле отнесения их к одному из возможных классов. Создаваемые образы, по возможности, должны

максимально соответствовать параметрам ситуаций, которые эксперт наблюдает в своей реальной профессиональной деятельности. Визуальный образ дает возможность интегрирования большого количества параметров ситуации в единый образ с его однозначной классификацией экспертом.

В системах когнитивной графики [81], например в системе КОГРА (когнитивная система для графической интерпретации данных и представления ситуаций) такие образы ситуаций называют «когнитивными» (лат. *cognitio* – познание). Поскольку этот термин заимствован из области психологии, где имеет собственное значение, то в диссертации целесообразно в дальнейшем использовать нейтральное понятие «визуальный образ».

В качестве визуального образа могут быть представлены показания соответствующих приборов и информационных табло, изображения, созданные при помощи средств компьютерной графики, диаграммы, технические мнемосхемы и т.д. Также могут использоваться и пиктографики «лиц Чернова» (англ. *Chernoff faces*), позволяющие эффективно визуализировать многомерные данные в виде изображений человеческих лиц и их отдельных частей, что позволяет оценивать большое количество данных [82]. Выбор представления визуального образа определяется особенностями деятельности эксперта.

Разработанный метод предъявления ситуаций эксперту и считывания его решений обеспечивает формирование достаточного числа обучающих пар.

Общая схема предлагаемого метода включает в себя следующие этапы:

- этап формирования массива обучающих пар «стимул-реакция» на основе знаний эксперта;
- этап обработки полученного массива обучающих пар;
- этап собственно обучения ИНС.

Алгоритм этапа формирования массива обучающих пар «стимул-реакция» на основе знаний эксперта содержит следующие шаги:

1. Определение необходимого числа K обучающих векторов $u(n)$, $n = 1, 2, \dots, K$ для обучения ИНС, т.е. числа точек на N -мерном пространстве входных векторов u ;

2. Указание диапазона изменения входных сигналов ИНС, т.е. ограничение всего N -мерного пространства входных векторов u некоторой рассматриваемой областью O (на рис. 2.4 показана штриховкой для случая, когда $N = 2$);

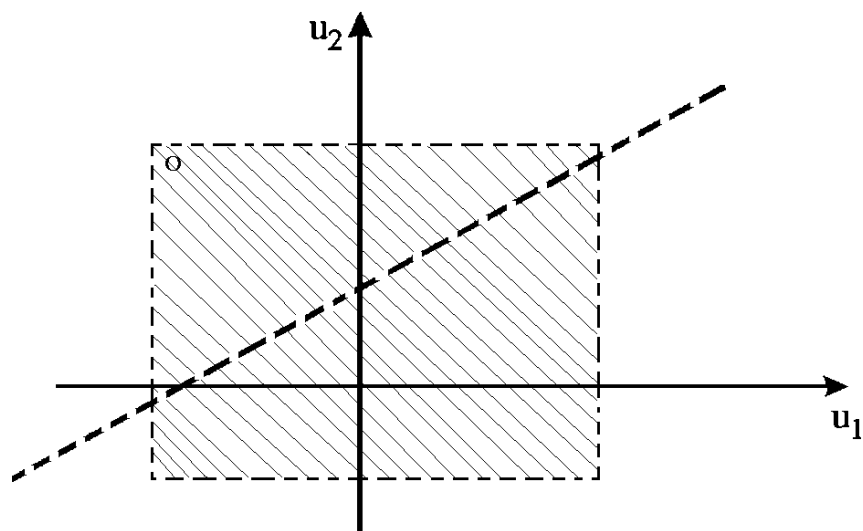


Рис. 2.4. Ограничение двумерного пространства входных векторов u рассматриваемой областью O

3. Указание экспертом S векторов, описывающих наиболее типичных представителей каждого из S исследуемых классов ситуаций $L_1, L_2, \dots, L_j$ ($j = 1, 2, \dots, S$), принадлежащих области O ;

4. Генерация с помощью генератора псевдослучайных чисел K обучающих векторов $u(n)$, $n = 1, 2, \dots, K$ входных сигналов ИНС, принадлежащих области O , вначале вблизи окрестности точек, указанных экспертом на шаге 3 алгоритма, т.е. вблизи окрестности точек S векторов, описывающих наиболее типичных представителей каждого из S исследуемых классов $L_1, L_2, \dots, L_j$, с последующим последовательным равномерным расширением этой окрестности с шагом $Shag$ до указанной ранее области O ;

5. Создание компьютерными средствами визуальных образов, наглядно описывающих ситуации, задаваемые сгенерированными обучающими векторами $u(n)$;

6. Демонстрация эксперту сгенерированных обучающих векторов $u(n)$ и визуальных образов, наглядно описывающих ситуации, задаваемые

сгенерированными обучающими векторами;

7. Определение экспертом, на основе своих знаний, в пределах рассматриваемой области O , одного из S классов, к которому относится каждый из K сгенерированных обучающих векторов $u(n)$ входных сигналов ИНС;

8. Запись сгенерированных обучающих векторов $u(n)$ и эталонных сигналов $d_j(n)$, соответствующих классам $L_j(n)$ ситуаций, к которым, по мнению эксперта, относятся сгенерированные вектора, в виде пар $\langle u(n), d_j(n) \rangle$ на носитель информации.

Эксперт в случае затруднения с определением принадлежности какого-либо из K сгенерированных обучающих векторов $u(n)$ входных сигналов ИНС к тому или иному из S классов (этап 7 описанного выше порядка действий), имеет возможность отказаться от работы с данным вектором и повторно генерировать новые обучающие векторы (возврат к этапу 4) без определения их принадлежности до тех пор, пока он не сможет корректно определить принадлежность одного из вновь сгенерированных векторов.

Необходимое число K обучающих векторов ИНС (шаг 1 алгоритма) можно определить [83] в соответствии с формулой:

$$K \geq \frac{w_c}{e}, \quad (11)$$

где w_c – количество свободных параметров ИНС,

$e \leq 1$ – допустимая ошибка классификации.

Значение K определяют с запасом 10-20% от рассчитанного по формуле (11).

Блок-схема алгоритма формирования массива обучающих пар «стимул-реакция» приведена на рисунке 2.5.

Полученный таким способом массив обучающих пар обладает тем свойством, что число обучающих векторов $u(n)$ неравномерно распределено по пространству признаков, ограниченному исследуемой областью O . Причем плотность векторов $u(n)$ убывает по мере удаления от точек, описывающих наиболее типичных представителей каждого из исследуемых классов ситуаций. Для улучшения процесса обучения ИНС требуется провести обработку массива

обучающих пар, полученного на предыдущем этапе.

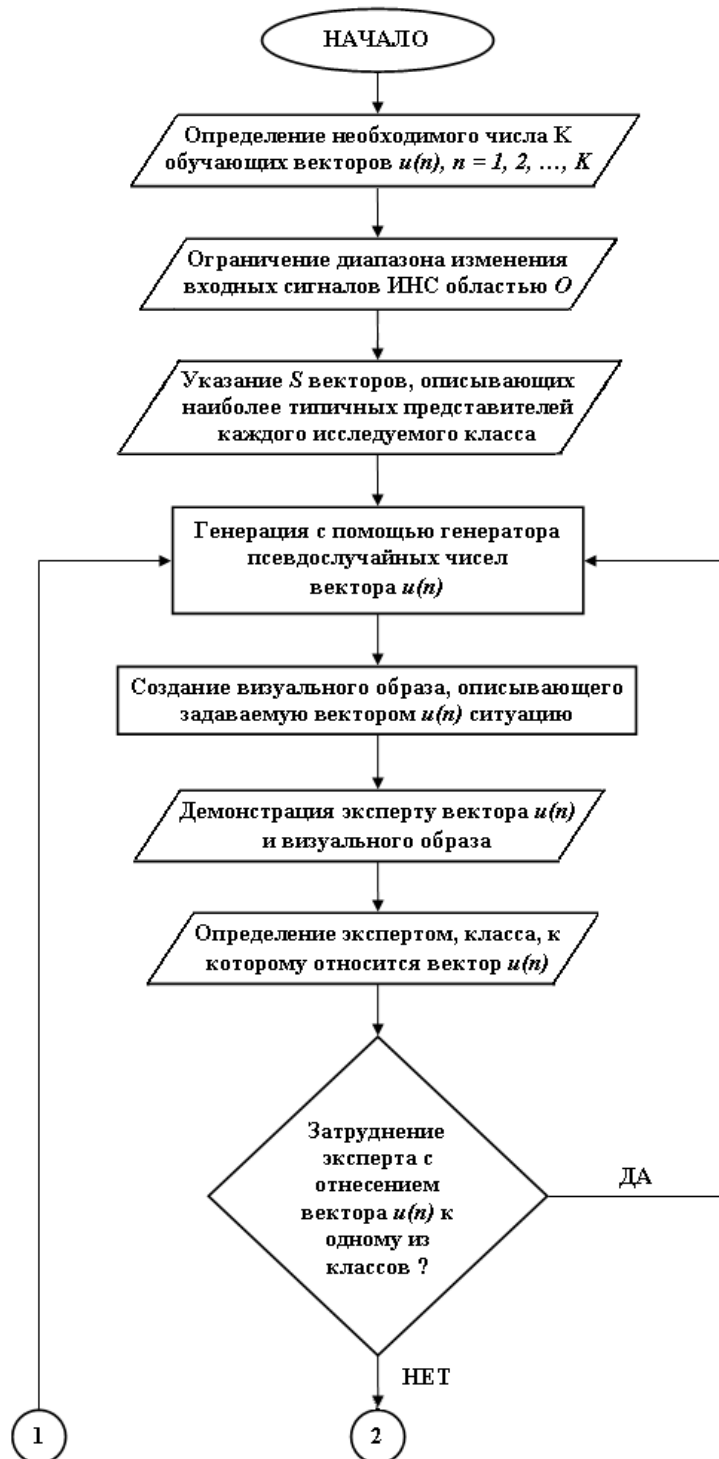


Рис. 2.5. Блок-схема алгоритма формирования массива обучающих пар «стимул-реакция» (начало)

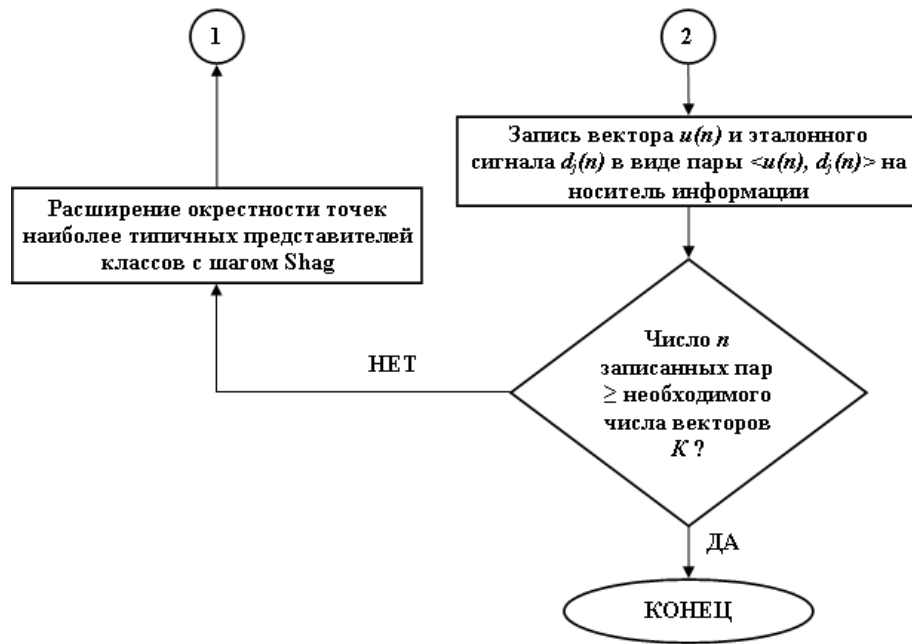


Рис. 2.5. Блок-схема алгоритма формирования массива обучающих пар «стимул-реакция» (окончание)

Алгоритм этапа обработки массива обучающих пар содержит шаги:

1. Разбиение рассматриваемой области O на col подобластей O_c , $C = 1, 2, \dots, col$ одинакового размера (на рис. 2.6 показано для случая, когда $N = 2$);

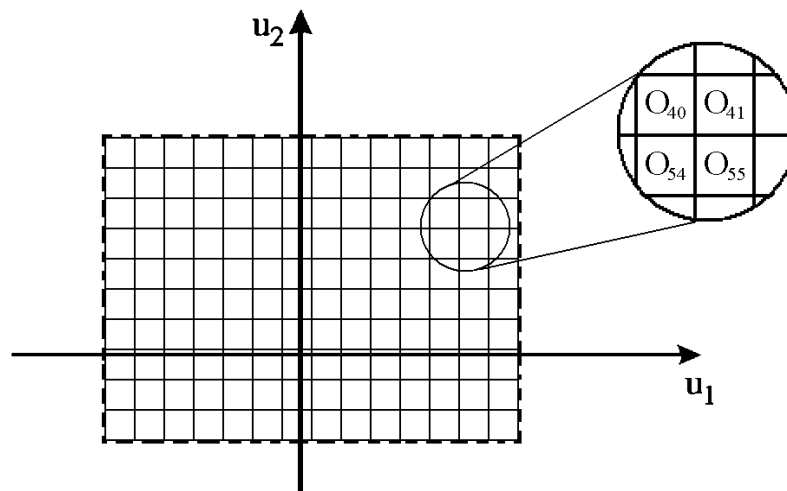


Рис. 2.6. Разбиение рассматриваемой области O на подобласти O_c

2. Подсчет в массиве пар $\langle u(n), d_j(n) \rangle$, сохраненном на носителе информации, количества пар U_c , обучающие векторы которых $u(n)$ принадлежат каждой подобласти O_c ;

3. Удаление из массива пар $\langle u(n), d_j(n) \rangle$, сохраненного на носителе информации, тех пар, количество обучающих векторов которых U_c , принадлежащих каждой подобласти O_c , превышает порог, обеспечивающий обучение ИНС, т.е. $U_c > Porog$, только в случае если все обучающие векторы в подобласти O_c принадлежат к одному классу;

4. Перемешивание массива оставшихся после шага 3 обучающих пар $\langle u(n), d_j(n) \rangle$ с использованием генератора псевдослучайных чисел.

Блок-схема алгоритма обработки массива обучающих пар приведена на рисунке 2.7.

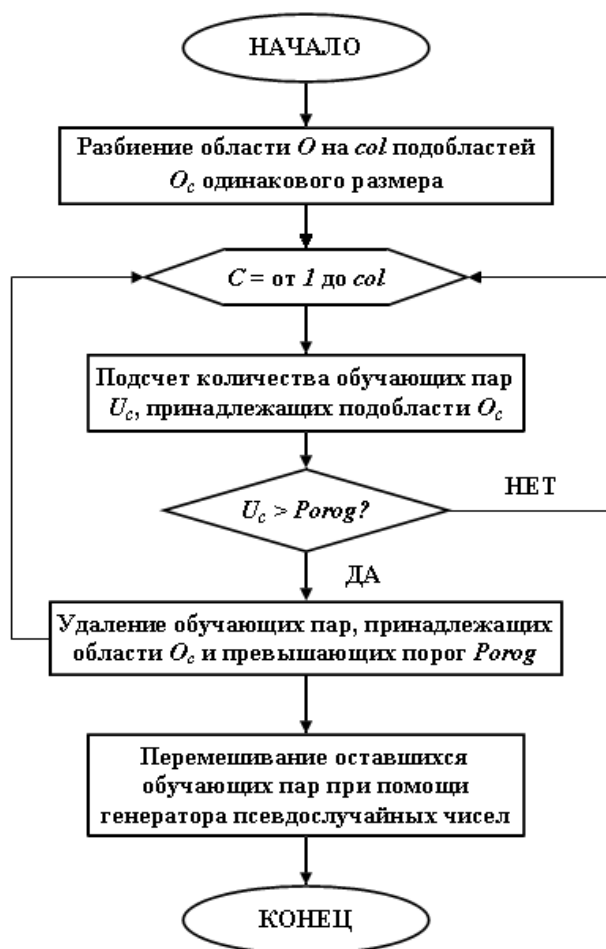


Рис. 2.7. Блок-схема алгоритма обработки массива обучающих пар

В результате выполнения алгоритма, представленного на рис. 2.7, из подобластей, содержащих большое количество обучающих пар, принадлежащих только к одному классу, будут удалены «лишние» обучающие

пары, которые, по сути, не несут в себе значимой информации для обучения ИНС, а оставшиеся пары будут перемешаны в случайном порядке. После проведенной обработки массива обучающих пар, он используется для непосредственного обучения ИНС.

Алгоритм этапа обучения ИНС содержит шаги:

1. Установка начального вектора синаптических весов $w(0)$ межнейронных связей ИНС;
2. Считывание обучающих пар $\langle u(n), d_j(n) \rangle$ с носителя информации;
3. Подача на входы ИНС сигналов обучающих векторов $u(n)$ и соответствующих эталонных сигналов $d_j(n)$;
4. Коррекция вектора синаптических весов нейронов $w(n)$ ИНС в соответствии с формулой (9) (для ИНС типа персептрон) с шагом коррекции η до завершения обучения, т.е. пока текущая ошибка классификации $\varepsilon(n)$ не станет меньше, либо равна допустимой ошибки классификации e .

Блок-схема алгоритма обучения ИНС приведена на рисунке 2.8.

Обученная таким образом ИНС содержит в себе знания эксперта, участвовавшего в процессе формирования массива обучающих пар «стимул-реакция», и представляет «слепок» его ментальной модели (*mental model*) некоторого вида, содержащей совокупность накопленных в мышлении эксперта формализованных и слабоформализуемых (подсознательных) знаний о реальной практике. В качестве носителя знаний эксперта выступают конкретные значения свободных (настраиваемых) параметров ИНС (количество которых зависит от типа используемой ИНС) – установившиеся по окончании обучения значения синаптических весов межнейронных связей, функции активации нейронов, структура и количество межнейронных связей.

Далее ИНС может использоваться в виде «черного ящика», когда разработчик, убедившись, что обученная ИНС успешно справляется с решением задач классификации не хуже опытного эксперта, практически использует ее, не вдаваясь в подробности конкретных значений настраиваемых параметров ИНС, установившихся в результате обучения.

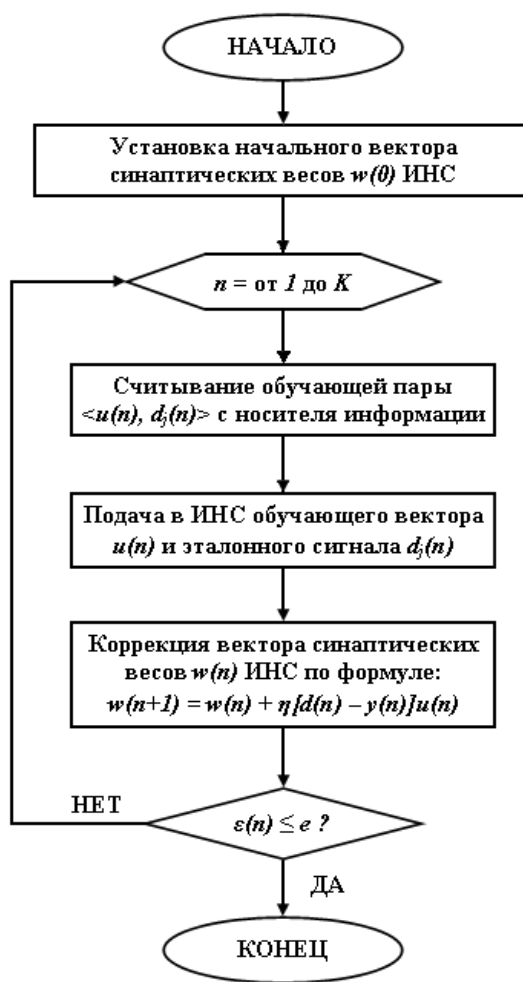


Рис. 2.8. Блок-схема алгоритма обучения ИНС

При другом варианте использования ИНС в виде «серого ящика» возможно исследование обученной ИНС с целью извлечения из нее знаний. Например, считав из ИНС вектор $w(n)$ установившихся по окончании обучения значений синаптических весов межнейронных связей, можно подставить полученные значения в формулу решающей границы (7) персептрона и получить уравнение решающей границы между классами, используемое ИНС при классификации. Также к работоспособной ИНС может быть применена совокупность действий [84], известная под названием «вербализация ИНС», позволяющая описать работу созданной и обученной ИНС совокупностью логических и/или алгебраических правил.

Предложенный метод обучения ИНС может быть использован для интеллектуализации СППУР в различных областях народного хозяйства.

Применение ИНС предоставляет возможность ее дообучения по мере накопления новых знаний в ходе эксплуатации системы и настройки под особенности места внедрения системы (например, конкретной железнодорожной станции).

Для обеспечения описанного метода интеллектуализации требуется синтезировать структуру устройства обучения ИНС, которое может быть интегрировано в разрабатываемые на его основе СППУР. Этому будет посвящен следующий раздел диссертационной работы.

2.4. Устройство обучения искусственной нейронной сети

В разделе представлена разработанная автором структура устройства обучения ИНС, позволяющего производить обучение ИНС на основе знаний эксперта, в соответствии с описанным ранее методом обучения ИНС. Структура устройства защищена патентом РФ на полезную модель «Устройство обучения искусственной нейронной сети (варианты)», заявка №2014105841 от 17.02.2014, по которой принято положительное решение.

Устройство обучения совместно с описанным ранее методом обучения ИНС позволяет применять технологию ИНС в случае отсутствия достаточного для ее обучения ряда наблюдений исследуемых ситуаций, за счет использования знаний компетентного эксперта, в том числе и в слабоформализуемых предметных областях.

Устройство подключается к обучаемой ИНС с помощью имеющихся интерфейсов и обеспечивает осуществление процесса ее обучения на основе знаний эксперта, путем коррекции вектора синаптических весов нейронов $w(n)$. После окончания обучения устройство не влияет на процесс дальнейшего функционирования ИНС. При необходимости дообучения ИНС устройство может быть использовано повторно.

Устройство обучения ИНС содержит следующие существенные части:

- управляющий процессор с набором команд;

- генератор псевдослучайных чисел;
- генератор визуальных образов;
- банк изображений;
- носитель информации;
- дисплей;
- клавиатуру;
- манипулятор графического интерфейса;
- блок обучения нейросети;
- интерфейсы для подключения к обучаемой ИНС.

На рис. 2.9 показана структура устройства и обучаемая ИНС, к которой оно подключено.

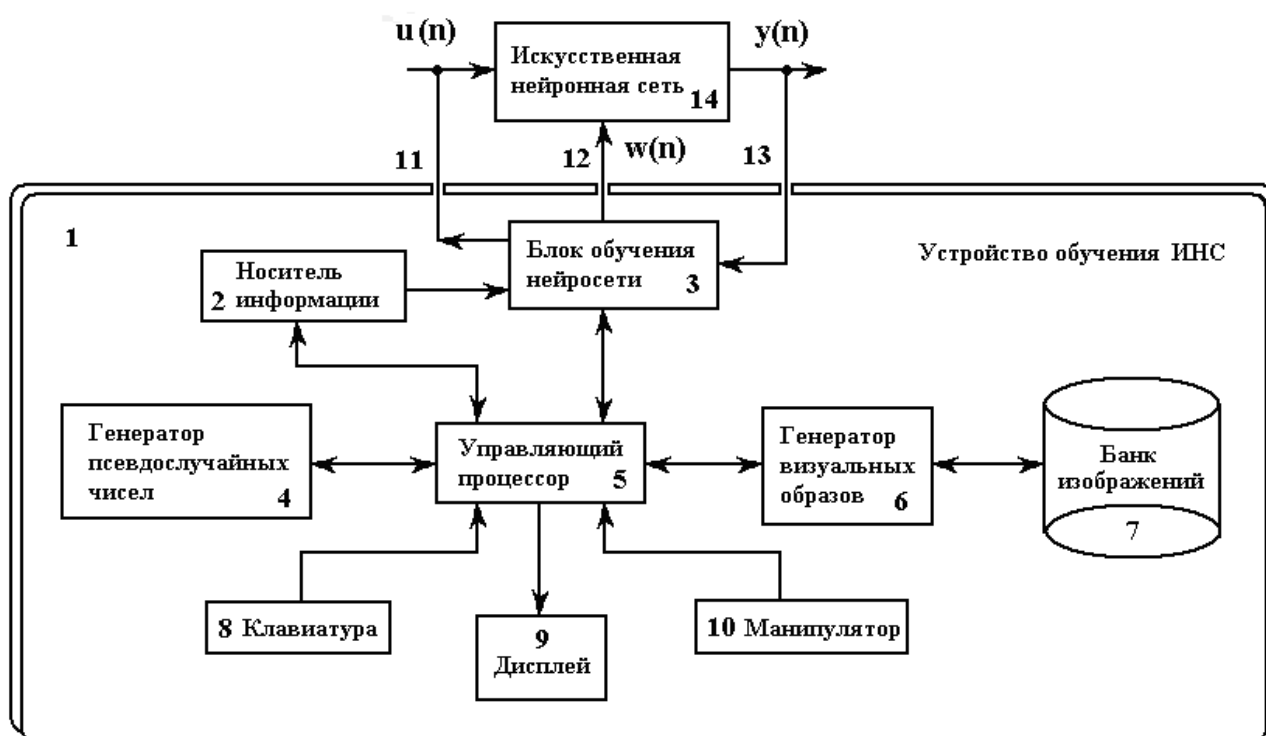


Рис. 2.9. Структура устройства обучения ИНС

На рис. 2.9 использованы следующие обозначения: 1 – устройство обучения ИНС, 2 – носитель информации, 3 – блок обучения нейросети, 4 – генератор псевдослучайных чисел, 5 – управляющий процессор с набором команд, 6 – генератор визуальных образов, 7 – банк изображений, 8 –

клавиатура, 9 – дисплей, 10 – манипулятор графического интерфейса.

Под номерами 11, 12, 13 показаны интерфейсы для подключения к обучаемой ИНС: 11 – выход для подачи обучающих входных сигналов $u(n)$ в ИНС, 12 – выход для коррекции вектора синаптических весов нейронов ИНС $w(n)$, 13 – вход для считывания выходных сигналов обучаемой ИНС $y(n)$. Также на рис. 2.9 показана обучаемая ИНС 14, к которой подключено устройство.

Далее опишем, работу устройства 1 при выполнении обучения ИНС (здесь и в дальнейшем упоминаются ссылки на рис. 2.9, если не указано иное).

Эксперт при помощи клавиатуры 8 и манипулятора 10 в диалоговом режиме вводит в устройство информацию о необходимом числе K обучающих векторов $u(n)$, ограничивает диапазон изменения входных сигналов ИНС областью O , указывает параметры S векторов, описывающих наиболее типичных представителей каждого из S исследуемых классов ситуаций.

Закончив ввод, эксперт запускает программу формирования массива обучающих пар «стимул-реакция». Управляющий процессор 5 в соответствии с программой генерирует с помощью генератора псевдослучайных чисел 4 обучающие векторы входных сигналов ИНС $u(n)$, принадлежащие области O , вначале вблизи окрестности точек, S векторов, описывающих наиболее типичных представителей каждого из S исследуемых классов с последующим последовательным равномерным расширением этой окрестности с шагом $Shag$.

Взаимодействуя с генератором визуальных образов 6, управляющий процессор 5 создает на основе изображений, хранимых в банке изображений 7, визуальные образы, наглядно описывающие ситуации, задаваемые сгенерированными обучающими векторами $u(n)$.

Далее, управляющий процессор 5 последовательно демонстрирует эксперту на дисплее 9 сгенерированные обучающие векторы и визуальные образы, а также выводит на дисплей 9 возможные классы S , к одному из которых может относиться каждый из сгенерированных обучающих векторов и визуальных образов.

Эксперт на основе своих знаний и информации выводимой на дисплей 9

выносит решение о принадлежности каждого вектора $u(n)$ к одному из возможных классов S и, используя клавиатуру 8 и манипулятор 10, вводит в устройство результаты своего решения.

Эксперт в случае затруднения с определением принадлежности какого-либо из K сгенерированных обучающих векторов $u(n)$ входных сигналов ИНС к одному из S классов, имеет возможность, используя клавиатуру 8 и манипулятор 10, отказаться от работы с данным вектором $u(n)$ и повторно генерировать новые векторы, без определения их принадлежности и расширения области генерации с шагом $Shag$, пока он не сможет корректно определить принадлежность одного из вновь сгенерированных векторов.

Управляющий процессор 5 записывает на носитель информации 2 сгенерированные обучающие векторы $u(n)$ и эталонные сигналы $d_j(n)$, соответствующие классам объектов, к которым, по мнению эксперта, относятся сгенерированные вектора, в виде пар «стимул-реакция» $\langle u(n), d_j(n) \rangle$.

Закончив формирование необходимого для обучения ИНС числа обучающих пар, управляющий процессор 5 выполняет обработку массива обучающих пар, сохраненного на носителе информации 2, в соответствии с алгоритмом, блок-схема которого приведена на рис. 2.7.

После этого управляющий процессор 5 подает сигнал блоку обучения нейросети 3 о начале процесса непосредственного обучения ИНС 14. Блок обучения нейросети 3 устанавливает вектор синаптических весов ИНС в начальное значение $w(0)$, считывает с носителя информации 2 пары «стимул-реакция» $\langle u(n), d_j(n) \rangle$, подает обучающие векторы $u(n)$ на входы обучаемой ИНС через выход 11 и считывает выходные сигналы $y(n)$ обучаемой ИНС через вход 13. Сравнивая выходные сигналы $y(n)$ обучаемой ИНС с соответствующими эталонными сигналами $d_j(n)$, получаемыми с носителя информации 2, блок обучения нейросети 3 вычисляет погрешность $\varepsilon(n)$ между эталонным сигналом и фактическим выходным сигналом ИНС и корректирует через выход 12 вектор синаптических весов $w(n)$ нейронов ИНС 14 в соответствии с формулой (9) (для ИНС типа персептрон) с шагом коррекции η

до завершения процесса обучения, т.е. пока текущая ошибка классификации $\varepsilon(n)$ не станет меньше, либо равна допустимой ошибки классификации e .

Закончив обучение, блок 3 передает информацию о его результатах (включая статистические данные) в управляющий процессор 5, который выводит их на дисплей 9 для демонстрации эксперту, работающему с устройством 1.

Если обучение ИНС закончилось неудачно (информация об этом выводится на дисплей 9) или его результаты по каким-то причинам не устраивают эксперта, то он может повторно инициировать процесс обучения, дав соответствующую команду управляющему процессору 5 через имеющиеся средства ввода – клавиатуру 8 и манипулятор 10. При этом имеется возможность обнулить вектор синаптических весов ИНС 14 через выход 12 или установить ему требуемые начальные значения.

По окончании обучения устройство не влияет на функционирование ИНС. При необходимости дообучения ИНС устройство можно использовать снова.

Логика работы блоков описанного устройства, заложенная в них, может быть реализована, как с использованием только аппаратных средств, так и с привлечением программных средств. Конкретный тип логики, используемый в том или ином блоке устройства, не оказывает принципиального влияния на работу устройства. Достижение технического результата также не зависит от типа реализации логики работы отдельных блоков.

Обучаемая ИНС может быть представлена, как в своей аппаратной реализации, так и в виде компьютерного файла (например, *DLL*-библиотека), хранимого в памяти накопителя информации.

Вопросы практической реализации описанного устройства обучения ИНС в разрабатываемой СППУР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте будут освещены в следующих разделах диссертационной работы.

Предложенные устройство и метод обучения ИНС могут быть использованы для интеллектуализации различных СППУР в областях, где точные модели можно заменить опытом эксперта. Их применение открывает

возможность быстрого обучения ИНС на основе знаний эксперта на месте предполагаемого внедрения СППУР (например, на железнодорожной станции).

Таким образом во многом может нивелироваться отрицательный эффект наличия известного [62, 64] коммуникационного барьера между инженерами по знаниям, экспертами, операторами, которым предстоит эксплуатировать СППУР и размытости сфер ответственности между ними.

При использовании предложенного метода интеллектуализации ответственность за окончательный результат во многом возлагается на участвующего в обучении ИНС эксперта, что позволяет избежать конфликтов и задержек разработки, неизбежно возникавших ранее при создании СППУР.

Появляется возможность тиражирования однотипных систем, в которых заранее предусмотрены все средства манипулирования знаниями и обучения ИНС, но сама ИНС не обучена. Такие системы в меньшей степени требуют сопровождения их разработчиками в течение всего срока эксплуатации. Облегчается процесс специализации системы под предметную область. Сопровождение могут организовать те люди, которые, возможно, не так хорошо разбираются в устройстве СППУР, но при этом досконально изучили предметную область и могут дообучить систему на месте внедрения.

2.5. Применение метода обучения искусственной нейронной сети для решения актуальных при ЧС задач классификации

Рассмотрим применение авторского метода обучения ИНС для решения практической задачи, актуальной при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте. Для этого выберем сформулированную в разделе 2.1. задачу определения класса устойчивости атмосферы, от решения которой зависит оценка глубины распространения облака АХОВ [58-60] при ЧС с ОГ по утвержденным НТД [43-46].

При проведении исследования используем компьютерную программу [85], реализующую алгоритмы авторского метода обучения ИНС на основе знаний эксперта. Она создана в качестве программной реализации устройства обучения

ИНС, описанного в разделе 2.4, и предназначена для экспериментального исследования метода и алгоритмов обучения ИНС. Указанная программа «*ANN Atmosphere Expert*» (*ANN AE*)» защищена свидетельством о регистрации №2013660803 от 19.11.2013 г., которое приведено в приложении А.

«*ANN AE*» создана в среде «*Delphi*» и является приложением для операционных систем «*Windows*» объемом 1,27 Мб. Она используется при выполнении первых двух этапов авторского метода обучения ИНС: формирования массива обучающих пар «стимул-реакция» на основе знаний эксперта и обработки полученного массива пар. Работа эксперта с программой разделена на несколько шагов, соответствующих этапам метода обучения ИНС.

Подлежащая обучению ИНС представлена программной моделью, реализованной в виде *DLL*-модуля динамически подключаемой библиотеки. Для его создания использовалась сторонняя программа-нейропакет «*NeuroSolutions*», позволяющая оперативно создавать ИНС для обучения [86]. «*NeuroSolutions*» также использовалась для реализации третьего этапа авторского метода обучения ИНС: собственно обучения ИНС.

Задача определения устойчивости атмосферы сформулирована математически, как задача классификации, в разделе 2.1. Применим для ее решения ИНС. Получая на вход вектор признаков, состоящий из четырех параметров фактической погоды $G = [\text{скорость ветра, уровень облачности, время суток, снежный покров}]$, обученная ИНС должна классифицировать произвольное состояние погоды $g \in G$ путем отнесения его к одному из 6 классов устойчивости атмосферы по Паскуилу $Q = \{A, B, C, D, E, F\}$.

В качестве ИНС, подлежащей обучению, выберем нейросеть типа «многослойный персептрон». Известно [75, 83], что ИНС такого типа является универсальным классификатором и способна эффективно справляться с подобными задачами. Такое утверждение базируется на предложенной в 1980-х годах Р. Хехт-Нильсеном теореме [87], вытекающей из результатов, полученных ранее А.Н. Колмогоровым и В.И. Арнольдом.

Количество скрытых слоев в используемом персептроне равно двум.

Количество нейронов во входном слое подбираем так, чтобы оно было равно числу параметров векторов признаков, подлежащих классификации, т.е. во входном слое 4 нейрона. Количество нейронов в выходном слое равно числу возможных классов, к которому могут быть отнесены векторы признаков, подлежащие классификации, т.е. в выходном слое содержится 6 нейронов.

Количество нейронов в скрытом слое ИНС с одним скрытым слоем с прямыми полными связями можно определить по формуле Хехт-Нильсена (иногда называемой в отечественной литературе формулой Колмогорова):

$$N_C = 2 \cdot N_x + 1, \quad (12)$$

где N_x – число нейронов входного слоя,

N_C – число нейронов в единственном скрытом слое.

В нашем случае, $N_x = 4$, и получаем:

$$N_C = 2 \cdot 4 + 1 = 9.$$

Поскольку мы используем многослойный персептрон с двумя скрытыми слоями, то такая ИНС может иметь несколько меньшее количество нейронов в каждом из скрытых слоев, чем сети с одним скрытым слоем, используемые в тех же самых целях. Т.к. нет строгой математической формулы для количества нейронов в таких сетях, то их количество обычно определяется эмпирически.

В первом скрытом слое нашей ИНС разместим 8 нейронов, во втором скрытом слое – 4 нейрона. Как показывают результаты исследования, такая ИНС справляется с поставленными задачами, что подтверждает правильность выбора числа нейронов. Окончательно получаем ИНС типа многослойный персептрон с двумя скрытыми слоями, структура которой представлена на рисунке 2.10 (обратные связи для распространения ошибки не показаны).

В качестве функции активации нейронов скрытых слоев S_{neuro} используется нелинейная функция гиперболического тангенса, задаваемая формулой:

$$S_{neuro}(Ax_{lin}) = th(Ax_{lin}) = \frac{Sh(Ax_{lin})}{Ch(Ax_{lin})} = \frac{e^{Ax_{lin}} - e^{-Ax_{lin}}}{e^{Ax_{lin}} + e^{-Ax_{lin}}}, \quad (13)$$

где x_{lin} – сигнал линейной части нейрона,

A – сдвиг функции.

Выходной вектор Q_B , состоит из чисел, приблизительно равных нулям, и одного числа, приблизительно равного единице. Единица является индикатором класса, к которому принадлежит текущий вектор входных параметров g_i (позиция единицы определяет номер класса).

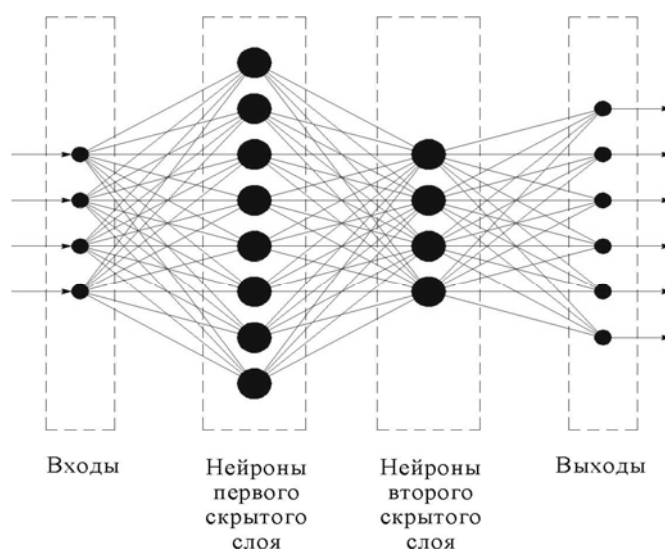


Рис. 2.10. Структура используемой ИНС типа многослойный персептрон

Рассмотрим работу эксперта с программой «*ANN AE*» при реализации этапа формирования массива обучающих пар «стимул-реакция».

На первом шаге программа вычисляет количество обучающих примеров, которые требуется сформировать для обучения ИНС, выбранного типа. Вычисление производится по формуле (11). В нашем случае, используем следующие значения величин: $e \approx 0,15$, $w_c \approx 90$ и получаем результат:

$$K \geq \frac{90}{0,15} = 600 \text{ (шт.)}.$$

Вычисленное значение увеличиваем на 10% («запас») и получаем $K = 660$ (шт.).

На следующем шаге работы программы эксперт указывает диапазон изменения входных данных для каждого параметра погоды и тип данных (целый или вещественный). Также эксперт указывает шкалы измерений параметров. В рассматриваемом случае имеем 4 параметра фактической погоды: скорость ветра, уровень облачности, время суток, снежный покров.

Для скорости ветра эксперт выбрал вещественный тип данных, для

остальных – целый. Определены следующие единицы измерения и диапазоны изменения входных данных. Скорость ветра – от 0 до 20 м/с. Уровень облачности – от 0 до 8 (0 – ясно, 8 – сплошная облачность). Время суток – от 1 до 3 (1 – день, 2 – ночь, 3 – сумерки). Снежный покров – от 0 до 1 (0 – нет снежного покрова, 1 – есть снежный покров).

Для оценки возможного диапазона изменения скорости ветра использовались скорости, соответствующие баллам шкалы Бофорта от 0-го («Штиль») до 9-го («Шторм»). За основу при оценке уровня облачности принята 8-октантная шкала, применяемая в метеорологии при визуальном наблюдении. Согласно ей, небо условно делится на 8 равных частей, а облачность измеряют в октантах (восьмых долях неба, закрытых облаками).

Далее эксперт вводит в соответствующее окно программы «*ANN AE*» числовые параметры, характеризующие, по его мнению, наиболее типичных представителей каждого из 6 возможных классов устойчивости атмосферы.

На следующем шаге программа, используя генератор псевдослучайных чисел, формирует обучающие векторы, в соответствии с алгоритмом метода обучения ИНС, – вначале вблизи окрестности точек, описывающих наиболее типичных представителей каждого из исследуемых классов атмосферы, с последующим расширением этой окрестности с шагом *Shag* до всего диапазона изменения входных данных для каждого параметра погоды.

Под генератором псевдослучайных чисел понимается применение стандартных функций *Randomize* и *Random()* языка программирования «*Object Pascal (Delphi)*». Фрагмент программного кода, формирующий генерируемые обучающие векторы, показан ниже на примере скорости ветра.

```

ShagSpVlUp:=(SpVmax-TP1SpV)/KolObPr;
ShagSpVlDown:=(TP1SpV-SpVmin)/KolObPr;
Repeat
Randomize;
Xskorvet1:=Random(Trunc(SpVmax)+1)+ Random;
until (Xskorvet1<TP1SpV+(ShagSpVlUp*i+0.01))

```


$and (Xskorvet1 > TP1SpV - (ShagSpV1Down * i + 0.01));$

где $ShagSpV1Up$ – величина, на которую расширяется в сторону максимально возможной скорости ветра диапазон генерируемых значений на каждом шаге,

$ShagSpV1Down$ – величина, на которую расширяется в сторону минимально возможной скорости ветра диапазон генерируемых значений на каждом шаге,

$SpVmax$ – максимально возможная скорость ветра,

$SpVmin$ – минимально возможная скорость ветра,

$TP1SpV$ – скорость ветра для типичного представителя данного класса,

$KolObP$ – количество обучающих примеров,

$Xskorvet1$ – генерируемое значение скорости ветра для вывода на экран,

i – номер генерируемого примера.

Для каждого примера «*ANN AE*» создает визуальные образы, описывающие состояния фактической погоды, задаваемые сгенерированными векторами. Для этого используется банк изображений. Создаваемые обучающие векторы и визуальные образы демонстрируются эксперту на экране компьютера (дисплее). Фрагмент оконного интерфейса программы при демонстрации визуальных образов и числовых векторов показан на рис. 2.11.

Эксперт на основе своих знаний определяет один из 6 классов устойчивости атмосферы, к которому относится каждый из сгенерированных векторов. Эксперт, в случае затруднения с определением принадлежности какого-либо из обучающих векторов, имеет возможность отказаться от работы с ним и повторно генерировать новые векторы без определения их принадлежности до тех пор, пока он не сможет классифицировать один из них.

Сгенерированные обучающие векторы и классы устойчивости, к которым, по мнению эксперта, они относятся, записываются в файл *ANN_Atmosphere.csv*. Формат файла *.csv (англ. *Comma-Separated Values* – значения, разделенные запятыми) предназначен для хранения табличных данных. Каждая строка файла – это строка таблицы. Колонки разделены запятыми.

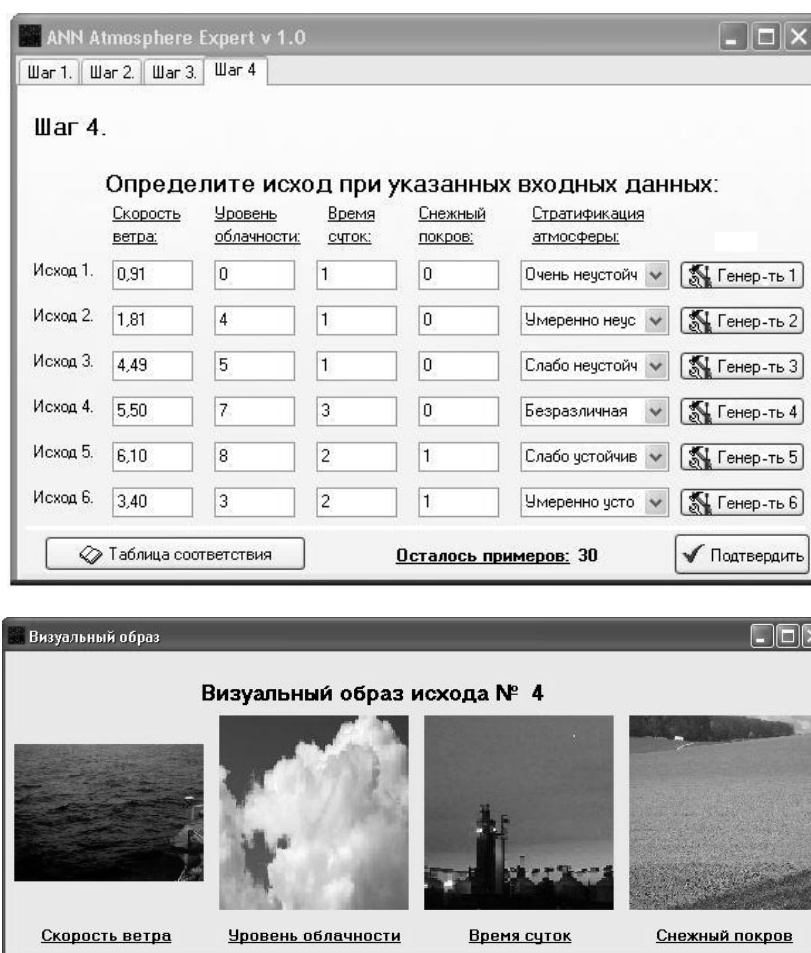


Рис. 2.11. Фрагмент оконного интерфейса программы «*ANN AE*» во время демонстрации эксперту визуальных образов и числовых векторов

В ходе запуска программы «*ANN AE*» требуемый набор из 660 обучающих примеров был сформирован за 1,5-2 часа.

Алгоритм этапа обработки массива обучающих пар, сохраненного в файле *ANN_Atmosphere.csv*, программа «*ANN AE*» реализует, в соответствии с авторским методом обучения ИНС, автоматически без непосредственного участия эксперта. Оставшиеся после обработки строки в файле перемешиваются с использованием генератора псевдослучайных чисел.

Участие эксперта в дальнейшем не требуется. Файл содержит достаточное количество записей для того, чтобы обучить ИНС классифицировать устойчивость атмосферы на основе данных о погоде не хуже эксперта, участвовавшего в процессе формирования массива обучающих пар «стимул-реакция».

Реализации третьего этапа авторского метода – собственно обучения ИНС – проводилась с ИНС типа многослойный персептрон, смоделированной в нейропакете «*NeuroSolutions*» в соответствии со структурой, описанной ранее и представленной на рис. 2.10. Обучение ИНС произведено с использованием разновидности алгоритма обратного распространения ошибки (*backpropagation*), предложенной Левенбергом и Марквартом.

Количество обучающих примеров, зарезервированных для тестового и экзаменационного наборов данных, составило 20% от общего числа векторов. Тестовый набор (*Cross validation*) используется для предотвращения «переучивания» ИНС во время обучения, экзаменационный (*Testing*) – для оценки качества после обучения.

Динамика процесса обучения представлена на кривой обучения (рис. 2.12), где T – среднеквадратическая ошибка на обучающих данных, CV – среднеквадратическая ошибка на тестовом наборе данных. Из графика рис. 2.12 видно, что обе ошибки по мере обучения ИНС постепенно уменьшаются и уже после 65 эпох обучения достигают приемлемого результата.

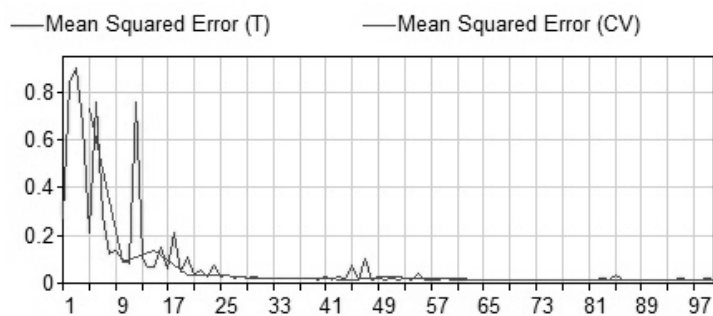


Рис. 2.12. Кривая обучения ИНС

«*NeuroSolutions*» позволяет вычислить результат работы обученной ИНС с помощью экзаменационного набора данных и представить его в процентах, что показано в таблице 2.2. Из таблицы следует, что обученная ИНС демонстрирует хорошие результаты классификации, ошибка не превышает 10%.

Для работы с DLL-модулем, содержащим обученную ИНС, создано программное приложение на языке «*Visual Basic for Applications*», встроенном в

линейку табличных процессоров «*Microsoft Excel*». Это позволило организовать работу с обученной ИНС на любом компьютере с установленным пакетом офисных приложений. При этом электронная таблица стала интерфейсом программы, позволяя управлять действиями с ИНС и выводить результаты.

Таблица 2.2. Результат работы ИНС на экзаменационном наборе данных

	A	B	C	D	E	F
A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.00	10.00	90.00	0.00	0.00	0.00
D	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	92.31	7.69
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Программа имеет два режима работы с ИНС: получение результатов («*output*») и тренировка («*training*»). В режиме «*output*» (рис. 2.13) после введения в соответствующие ячейки таблицы данных о текущем состоянии погоды, выдается результат – класс устойчивости атмосферы, определенный по Паскуилу, и степень устойчивости атмосферы в соответствии с [43]. Выдача результата по двум методикам позволяет применять его для дальнейшей оценки последствий ЧС с АХОВ по разным НТД.

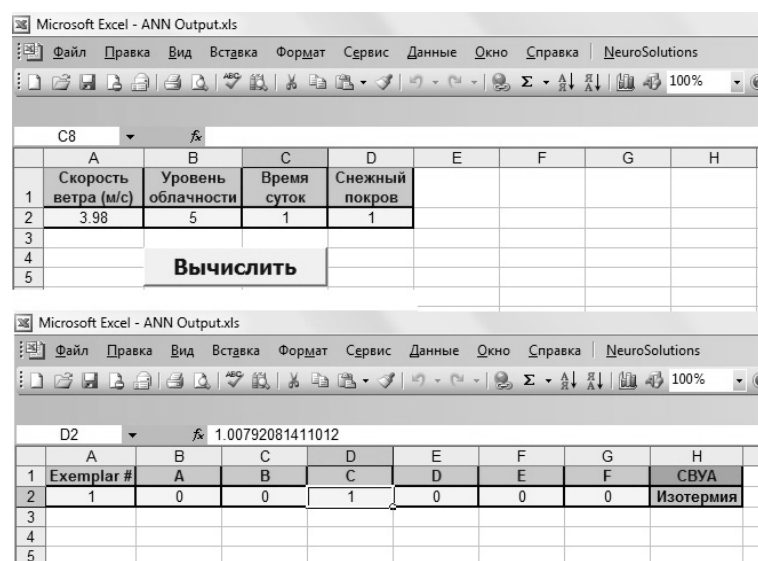


Рис. 2.13. Программа работы с *DLL*-модулем ИНС в режиме «*output*»

В режиме «*training*» возможно как дообучение ИНС, так и обнуление синаптических весов с запуском нового процесса обучения.

В итоге можно отметить, что предложенный автором метод обучения ИНС удалось успешно применить для решения практической задачи и он показал свою работоспособность. Получение положительных результатов открывает возможность применения предложенного метода для решения других более сложных задач. В частности, задачи оценки масштаба ЧС на железнодорожной станции на основе имеющихся у ЛПР данных.

Автор благодарит сотрудников ЮФ ВНИИ ГОЧС за оказание экспертной поддержки при выполнении описанного в разделе исследования.

2.6. Выводы по главе 2

В итоге, сформулируем выводы по второй главе диссертационной работы:

- рассмотрены задачи классификации, решаемые ЛПР при возникновении ЧС, определено, что они, как и большинство объектов и ТП на транспорте, относятся к слабоформализуемым предметным областям, где основной проблемой является извлечение слабоформализуемых экспертных знаний, решение которой определяет аспекты построения СППУР;

- установлено, что в область слабоформализуемых знаний эксперта попадают редко встречающиеся случаи ЧС, в которых ЛПР в наибольшей степени нуждается в интеллектуальной поддержке, эксперт почти всегда способен указать признаки и числовые значения ситуаций, описывающих наиболее типичных представителей каждого класса, при этом эксперт, явно не используя правила разделения классов (уравнения решающих границ), способен верно отнести ситуации из области слабоформализуемых знаний к конкретным классам;

- выбрана технология ИНС для интеллектуализации разрабатываемой СППУР, преимуществом которой является возможность обучения, рассмотрена популярная модель ИНС типа персептрон, справляющаяся с задачами классификации и известный способ ее обучения «с учителем» при помощи пар

«стимул-реакция»;

- показаны проблемы применения ИНС, вызванные отсутствием достаточного ряда наблюдений исследуемых ситуаций и, как следствие, необходимого числа обучающих пар, в слабоформализуемых предметных областях, что обуславливает необходимость разработки метода обучения ИНС на основе знаний эксперта;

- представлен авторский метод, алгоритмы и структура устройства обучения ИНС, позволяющие производить обучение ИНС на основе знаний эксперта, в том числе и в слабоформализуемых предметных областях, в результате обученная ИНС содержит знания эксперта, участвовавшего в процессе формирования обучающих пар и может в дальнейшем использоваться в виде «черного ящика», либо в виде «серого ящика» с возможностью извлечения из нее знаний;

- предложенные метод и устройство можно использовать для интеллектуализации различных СППУР на основе опыта участвующих в обучении ИНС экспертов, и их сопровождения на месте внедрения без привлечения разработчиков, в результате появляется возможность массового тиражирования;

- для экспериментального исследования метода обучения ИНС была создана программа, реализующая устройство обучения ИНС, а ИНС представлена в виде своей программной модели, в результате с помощью метода обучения ИНС удалось успешно решить задачу, актуальную при ЧС, что подтвердило его применимость для решения задач классификации в слабоформализуемых областях на основе знаний экспертов.

ГЛАВА 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ ЛПР ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

3.1. Совершенствование методов информирования ЛПР при возникновении ЧС с использованием мобильных телекоммуникационных технологий

Помимо задач оценки масштаба ЧС и проведения соответствующих расчетов большое значение также имеет задача своевременного доведения информации о возникновении ЧС до ЛПР (информирования), что отмечалось ранее в главе 1. Указанная задача является частью ТП принятия управленческих решений при возникновении ЧС на железнодорожной станции, от ее решения во многом зависит успех ликвидации последствий ЧС.

В частности, наибольшие проблемы на железнодорожном транспорте в настоящий момент возникают при информировании внешних ЛПР, относящихся ко второму уровню принятия управленческих решений (согласно структуре, приведенной на рис. 1.2). Для ступени принятия решений линейного пункта (станции) основная нагрузка по проведению информирования ЛПР ложится на ДСП, отвлекая его от выполнения необходимых действий и принятия срочных управленческих решений по ликвидации ЧС.

ДСП, согласно действующей НТД, обязан обеспечить доставку информации о ЧС до 30-50 адресатов в соответствии с хранимыми на станции схемами информирования, масштабом и типом ЧС, прогнозируемыми последствиями и т.д. При этом [22] передаваемые сообщения должны содержать описание характера ЧС, наименование ОГ, номер аварийной карточки, количество ОГ в зоне ЧС и т.д. Информирование допускается проводить всеми доступными видами связи.

Необходимо рассмотреть возможность совершенствования существующих методов информирования ЛПР второго уровня, дабы освободить ДСП и других ЛПР, ответственных за информирование, от выполнения рутинных операций, что даст им дополнительное время на принятие решений при возникновении

ЧС, когда каждая секунда на счету. Для этого в разрабатываемой СППУР следует создать подсистему автоматизированного адресного информирования ЛПР, использующую элементы описанной ранее технологии ИНС.

В настоящее время для информирования ЛПР второго уровня применяются различные телекоммуникационные технологии. Известно, что до сих пор на железнодорожных станциях используется такое средство связи, как телеграф, применение которого в 21-м веке специалисты [88] считают «архаичным». ДСП использует телеграммы для информирования представителей грузовладельца через станцию-отправитель ОГ. На практике, общее время передачи телеграммы до грузовладельца по всей цепочке может составить от нескольких часов до суток, что непозволительно долго.

Достаточно широко для целей информирования применяется телефонная связь (обзвон ЛПР через телефонистку и/или с помощью автоматизированных систем типа «Градиент»), мобильная связь (звонки и *SMS*-сообщения на персональные мобильные терминалы (телефоны), принадлежащие ЛПР). Также известно [88] о попытках использования электронной почты (*e-mail*).

Основные недостатки технологий, применяемых для информирования ЛПР на железнодорожном транспорте, представлены в таблице 3.1.

Из таблицы 3.1 видно, что практически каждая из используемых технологий имеет недостатки, которые оказывают негативное влияние на эффективность информирования ЛПР о возникновении ЧС. Это обуславливает необходимость совершенствования существующих методов информирования.

Актуальным является выбор мобильной телекоммуникационной технологии на основе стандарта *GSM* для доставки информации до ЛПР второго уровня, не подключенных к железнодорожным системам передачи данных. Указанные ЛПР широко используют МТ, работающие в сетях *GSM* для получения звонков и/или *SMS*-сообщений с информацией о возникновении ЧС.

Наибольший интерес представляет возможность применения *SMS*-сообщений, обладающих рядом существенных преимуществ [40]:

- гарантированная доставка;

- доставка даже при низком уровне сигнала и перебоях на линии связи;
- надежный отработанный годами сервис;
- широкая поддержка технологии операторами связи и оборудованием;
- низкая стоимость отправки и получения сообщений.

Таблица 3.1. Недостатки технологий, применяемых для информирования ЛПР на железнодорожном транспорте

Телефонный обзвон	Телеграф	SMS-сообщения	Электронная почта
Информирование занимает много времени. Нет возможности демонстрации графической информации о ЧС. Затруднено получение сообщения при низком уровне сигнала и перебоях на линии связи.	Устаревшая технология. Сложность передачи. Длительное время доставки. Нет возможности демонстрации графической информации о ЧС.	Ограничение длины сообщения. Нет возможности демонстрации графической информации о ЧС. Абонент может не заметить поступление SMS-сообщения вовремя. Возможно получение сообщений не являющихся актуальными.	Низкая оперативность связи. Невозможность гарантированной доставки сообщения. Возможные задержки доставки сообщения. Недостаточное распространение мобильного доступа к сети Интернет. Абонент может не заметить поступление сообщения вовремя.

Однако накопленный различными службами опыт применения SMS-информирования о возникновении ЧС выявил и ряд существенных недостатков, указанных в таблице 3.1, которые ограничивают использование SMS [40, 41].

Для преодоления указанных недостатков предлагается воспользоваться возможностью установки в современные МТ (смартфоны) дополнительных программ и/или устройств, позволяющих изменить их функциональность при получении информации (входящих SMS) о возникновении ЧС.

Концепция предлагаемого метода информирования состоит в том, что СППУР, установленная на рабочем месте ЛПР, отвечающего за информирование ЛПР второго уровня, при возникновении ЧС обладает возможностью генерации *SMS*-сообщений содержащих алфавитно-цифровой код ситуации, направляемых ЛПР второго уровня.

Указанный код содержит в себе необходимую информацию о ЧС, в том числе результаты проведенных расчетов, время и место возникновения ЧС и т.д. Сообщения направляются ЛПР в соответствии со схемой информирования. Расшифровку кода из *SMS* осуществляет устройство, предварительно установленное в МТ информируемых абонентов, которое может быть реализовано аппаратно и/или программно.

Данное устройство должно обеспечивать:

- прием и считывание алфавитно-цифрового кода ЧС из входящего *SMS*, поступившего от телефонного номера подсистемы информирования СППУР;
- определение местоположения абонента по сигналам спутниковой системы позиционирования *GPS/ГЛОНАСС* и «актуальности» поступившего *SMS*-сообщения для конкретного ЛПР в зависимости от местонахождения абонента и времени прошедшего с момента возникновения ЧС;
- извлечение информации из хранимых в устройстве БД, в зависимости от полученного кода ЧС;
- формирование из извлеченной информации сообщения о возникшей ЧС;
- запуск соответствующего вибросигнала и «тревожной» мелодии на высокой громкости в МТ абонента для привлечения его внимания;
- выдачу на встроенные средства телефона (экран, динамик) сообщения, содержащего информацию о ЧС, необходимую для принятия управленческих решений соответствующим ЛПР.

Основные преимущества предлагаемого метода достигаются за счет того, что хранение фрагментов информации, используемых для формирования выводимого ЛПР сообщения, соответствующего полученному коду ЧС, осуществляется в памяти МТ. Таким образом, устраняется необходимость

пересылки большого объема информации. Для формирования сообщения о ЧС достаточно передать лишь относительно небольшой код ЧС, длина которого не превышает допустимую для одного *SMS* длину сообщения (160 символов).

В результате удастся увеличить объем и качество выводимой абоненту информации о ЧС без необходимости непосредственной пересылки этой информации. При этом сообщение, выводимое на экран принадлежащего ЛПР МТ, может содержать информацию, представленную не только в виде текста, но и в графическом виде. Например, это может быть схема железнодорожной станции, где возникла ЧС, географическая карта с изображением прилегающей территории и инфраструктуры, схема эвакуации персонала и т.д. Все графические файлы с указанными изображениями должны храниться в памяти МТ, а поступивший код ЧС определяет, что из хранимого в памяти следует продемонстрировать ЛПР и в какой последовательности.

Также повышается эффективность информирования ЛПР за счет привлечения его внимания к поступлению сообщения запуском вибросигнала и «тревожной» мелодии, соответствующих масштабу возникшей ЧС и «актуальности» сообщения для абонента. Под словом «актуальный» понимается важный, существенный в настоящее время или в данном контексте. При этом устройство должно производить оценку актуальности сообщений для ЛПР и по месту, и по времени за счет определения текущего местоположения абонента и времени, прошедшего с момента возникновения ЧС.

Для работы подсистемы необходимо обеспечить ЛПР, ответственное за информирование внешних ЛПР (на железнодорожной станции – это ДСП), возможностью оперативного доступа к списку лиц, подлежащих информированию (список информирования) и шаблонам типовых сообщений, подлежащих отправке при возникновении ЧС определенного типа и масштаба.

Для этого предлагается использовать обученную ИНС. Т.е., от результатов решения с помощью ИНС интеллектуальной задачи определения масштаба возникшей ЧС также зависит и решение информационной задачи – выдача ЛПР актуального списка информирования и шаблонов типовых сообщений.

ЛПР при необходимости должен иметь возможность внести необходимые минимальные изменения в предложенный СППУР список информирования и шаблон сообщения, нажатием «одной кнопки» произвести его преобразование в код ЧС и отправить абонентам в соответствии со списком информирования.

SMS-сообщения обладают тем преимуществом, что с их помощью может быть реализован принцип «отправил и забыл». В отличие от телефонного обзвона, требующего от ЛПР, отвечающего за информирование, деятельного участия в процессе информирования, отправленное *SMS*-сообщение будет гарантировано доставлено до адресата сразу, как только его МТ появится в *GSM*-сети [40]. При этом возможно отображение на АРМ ЛПР, отвечающего за информирование, уведомлений о получении *SMS* каждым абонентом.

Подобным образом можно использовать метод пересылки *SMS*-сообщений с алфавитно-цифровыми кодами, несущими информацию о возникшей ЧС, и для получения данных от ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС (сопровождающих ОГ, локомотивных бригад). Для этого их нужно обеспечить МТ, работающими в сетях *GSM/GSM-R*, позволяющими вводить информацию о возникшей ЧС, преобразовывать ее в код ситуации и пересылать для дальнейшей обработки на более высокую ступень СППУР (линейного пункта), подключенную к АРМам ДСП (ДС, ДСЦ) железнодорожной станции.

Указанный МТ, помимо передачи информации о ЧС, также должен обеспечивать ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС такими возможностями поддержки принятия решений, как:

- экспресс-расчет воздействия поражающих факторов ЧС;
- получение справочной информации о параметрах и свойствах ОГ (аварийные карточки);
- осуществление оперативного доступа к НТД.

Это открывает возможность однократного ввода информации о первоначальных параметрах ЧС на месте ее возникновения с последующей сквозной автоматизированной передачей информации на более высокие ступени принятия решений, ее обработкой на каждой ступени в соответствии с

задачами конкретных ЛПР и рассылкой внешним ЛПР различных уровней.

Предлагаемый подход соответствует концепции перехода железнодорожной отрасли к единой интеллектуальной системе управления ИСУЖТ, предполагающей [89] интеграцию ТП на разных ступенях управления, создание «бесшовного» информационного пространства, внедрение современных информационных и телекоммуникационных технологий и т.д.

Использование такого решения позволяет охватить ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС, первыми принимающих оперативные решения по ликвидации ЧС и информированию ЛПР вышестоящих ступеней, компьютерными технологиями, осуществляющими поддержку принятия решений по ликвидации ЧС. Это весьма важно, поскольку сейчас они практически не имеют доступа к таким технологиям.

Таким образом, необходимо создать элементы трех типов, входящие в состав разрабатываемой автоматизированной СППУР при возникновении ЧС на железнодорожном транспорте:

- стационарный элемент системы, устанавливаемый на железнодорожной станции массового проследования и переработки ОГ, и подключаемый к АРМ ЛПР ступени принятия решений линейного пункта (ДСП, ДС, ДСЦ и др.);
- МТ, принадлежащие внешним ЛПР второго уровня, используемые ими для получения информации о возникновении ЧС на станции и ее параметрах;
- МТ для ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС (сопровождающие ОГ, локомотивные бригады).

Общая схема взаимодействия указанных элементов СППУР показана на рисунке 3.1.

Успешное функционирование предложенных МТ ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС возможно только в случае обеспечения покрытия сигналом базовых станций *GSM/GSM-R* значительной части железнодорожных магистралей. В России это условие пока не выполнено.

В то время как в странах единой Европы уже более 100000 км стальных магистралей покрыты сигналом базовых станций *GSM-R*, на отечественном

железнодорожном транспорте продолжается дискуссия [57] о необходимости широкого использования этой технологии. При этом рассматривается перспектива внедрения *GSM-R* в рамках поэтапного перехода к ИСУЖТ.

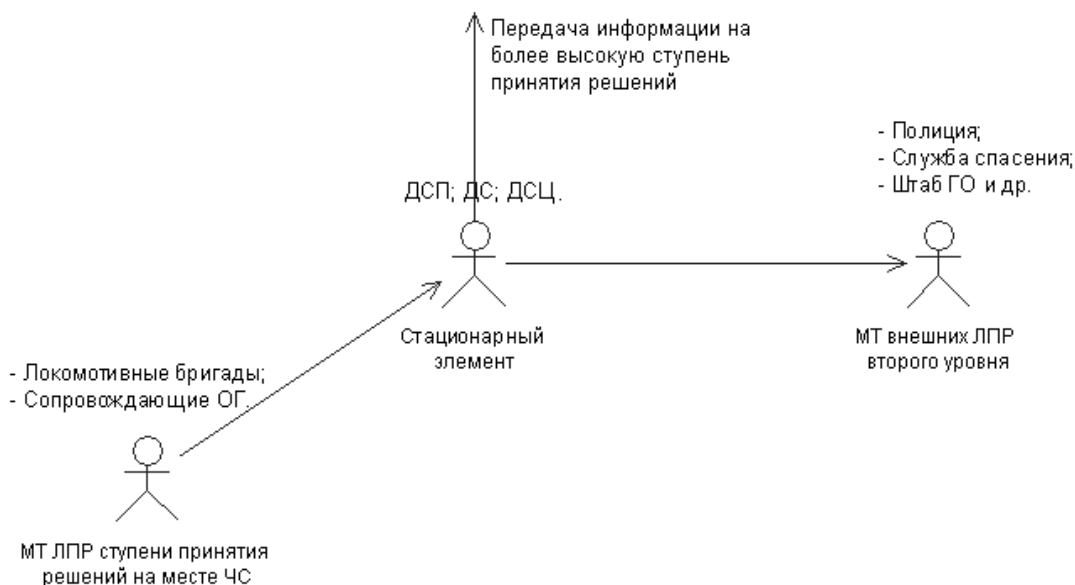


Рис. 3.1. Общая схема взаимодействия элементов СППур

Можно сделать вывод, что реализация данного элемента предлагаемой системы возможна в относительно отдаленной перспективе (более 5 лет), когда будет обеспечено покрытие сигналом базовых станций *GSM/GSM-R* железных дорог России. До этого момента основным способом связи ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС с ЛПР вышестоящей ступени останется, используемая сейчас, аналоговая радиосвязь.

В то же время реализация МТ внешних ЛПР второго уровня возможна и необходима в России уже сейчас. Сотовой связью в данный момент покрыто около 80% населенных пунктов и автодорог федерального значения в европейской части России, ведется работа по увеличению этого показателя [90, 91]. Внешние ЛПР широко используют МТ, работающие в *GSM* для получения информации о возникновении ЧС. Улучшение функциональных возможностей этих МТ с целью устранения выявленных недостатков и повышения эффективности их использования является насущной задачей.

Далее в главе будут освещены вопросы, относящиеся к МТ,

предназначенным для информирования внешних ЛПР второго уровня. В частности, будут рассмотрены устройство и программа, изменяющие их функциональность при получении информации (входящих *SMS*) о возникновении ЧС.

3.2. Устройство информирования внешних ЛПР второго уровня при возникновении ЧС

Для обеспечения описанного метода информирования ЛПР синтезируем структуру устройства информирования, которое должно быть интегрировано в МТ внешних ЛПР второго уровня для обработки получаемых ими *SMS*-сообщений с кодами ЧС.

Структура устройства защищена патентом РФ [92] на полезную модель №137441 (в соавторстве со старшим научным сотрудником ЮФ ВНИИ ГОЧС Домницким Н.К.), копия которого приведена в приложении А. Указанное устройство является дальнейшим развитием разработок автора, изложенных ранее в следующих научных работах [41, 53, 93].

Устройство заблаговременно устанавливается в МТ соответствующего ЛПР и отслеживает в фоновом режиме все поступающие в МТ *SMS*-сообщения. Оно активизируется и выполняет необходимые действия при получении *SMS* с алфавитно-цифровым кодом ЧС от подсистемы информирования о возникновении ЧС.

На рис. 3.2 показана структура устройства и элементы МТ, к которому оно подключено. На рис. 3.2 использованы следующие обозначения: 1 – блок отслеживания входящих *SMS*-сообщений, 2 – блок проверки координат и времени, 3 – блок считывания алфавитно-цифрового кода, 4 – блок хранения банков данных (содержащий в себе: 5 – банк графических файлов, 6 – банк слов и словосочетаний, 7 – банк мелодий и профилей вибросигналов), 8 – блок извлечения информации из банков данных и формирования сообщений, 9 – блок выдачи информации на встроенные технические средства МТ.

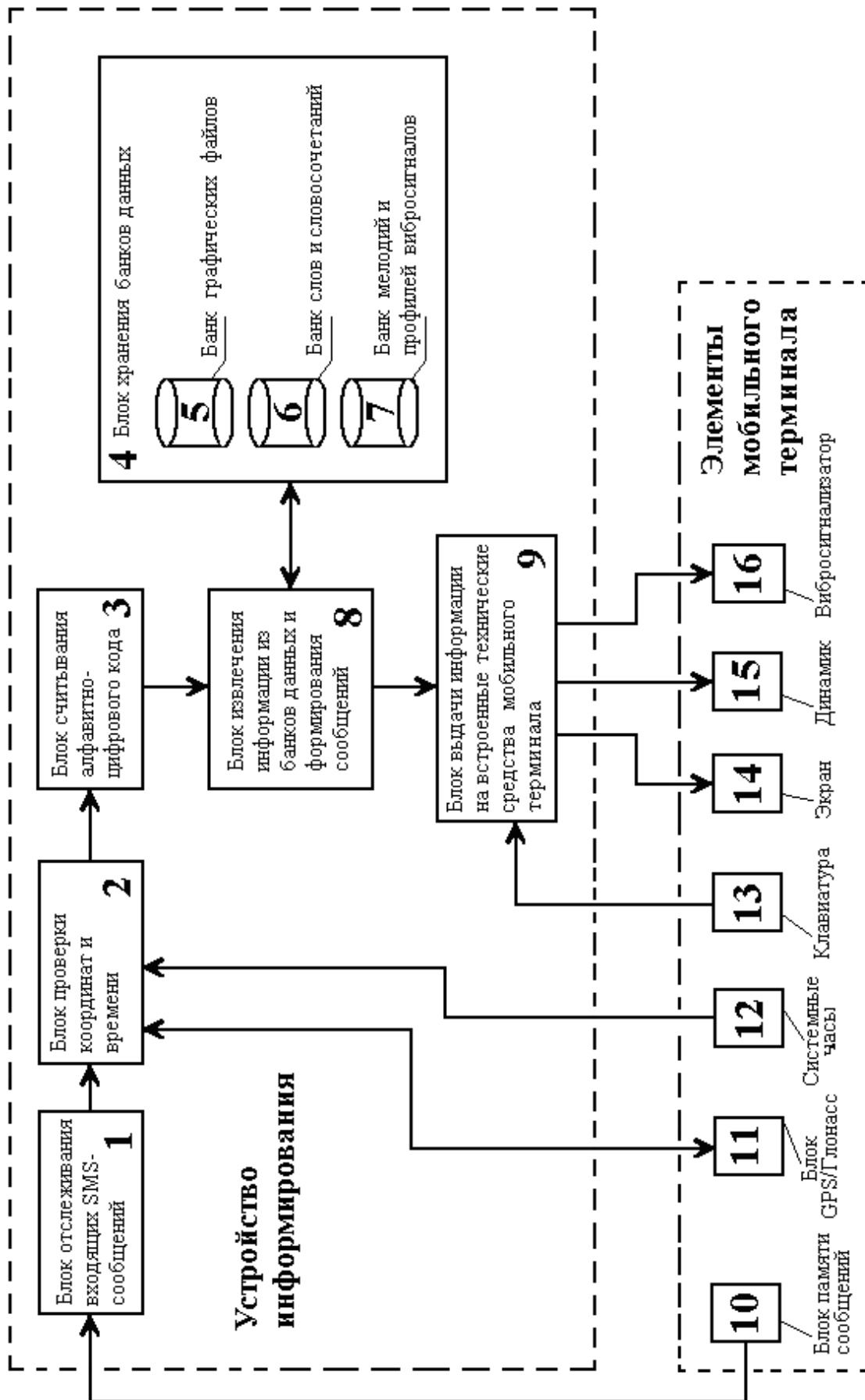


Рис. 3.2. Структура устройства информирования и элементы МТ, к которому оно подключено

Также на рис. 3.2 показаны стандартные элементы МТ, используемые при работе устройства информирования ЛПР: 10 – блок памяти для хранения входящих *SMS*-сообщений, 11 – блок *GPS/ГЛОНАСС*, 12 – системные часы, 13 – клавиатура, 14 – экран, 15 – динамик, 16 – вибросигнализатор.

Опишем работу устройства в целом и его существенных частей (здесь и в дальнейшем упоминаются ссылки на рис. 3.2, если не указано иное). Устройство информирования имеет два режима работы: фоновый и активный.

В фоновом режиме блок отслеживания входящих *SMS*-сообщений 1 проверяет все приходящие в телефон абонента *SMS*-сообщения на предмет получения кода ЧС от номера подсистемы информирования о возникновении ЧС на железнодорожном транспорте.

При появлении в блоке памяти 10 *SMS*-сообщения с алфавитно-цифровым кодом ЧС, отправленного от определенного номера подсистемы информирования, блок 1 переводит устройство в активный режим работы и передает указанное *SMS*-сообщение в блок проверки координат и времени 2.

Получив сообщение, блок проверки координат и времени 2 извлекает из содержащегося в *SMS* алфавитно-цифрового кода информацию, касающуюся только времени и места возникновения ЧС. Одновременно с этим блок 2 получает: от системных часов 12 – текущее время, от блока *GPS/ГЛОНАСС* 11 – текущие географических координаты МТ, определяемые по сигналам спутниковой системы позиционирования.

В соответствии с заложенной логикой, блок проверки координат и времени 2 определяет, путем сравнения полученных от 11 и 12 данных с содержащимися в *SMS* данными, время, прошедшее с момента возникновения ЧС, и расстояние от текущего местонахождения абонента до его постоянного рабочего места, снабженного всем необходимым для выполнения должностных обязанностей при возникновении ЧС.

Проведение этих действий необходимо для установления «актуальности» поступившего *SMS*-сообщения для конкретного ЛПР. Примером утраты актуальности являться случай, когда МТ абонента длительное время находился

вне зоны действия *GSM*-сетей. Как только МТ такого ЛПР окажется в зоне действия сети он незамедлительно получит *SMS*-сообщение с кодом ЧС (если к этому моменту не истек срок доставки). При этом с момента возникновения ЧС уже могло пройти несколько часов.

Если блок 2 установит что с момента отправки сообщения с информацией о ЧС до момента его получения прошло много времени, то внимание ЛПР будет обращено на то, что обстановка на месте ЧС могла серьезно измениться и ему будет рекомендовано учитывать это при принятии управленческих решений, либо дополнительно уточнить текущую обстановку на месте ЧС.

Если блок 2 установит, что ЛПР находится вдали от своего постоянного рабочего места, то ему будет рекомендовано принять меры для информирования о возникновении ЧС своего заместителя (или любого другого ответственного лица, исполняющего его обязанности), либо незамедлительно прибыть на рабочее место.

Возможные рекомендации подобного толка должны индивидуально подбираться в зависимости от специфики технологических операций ТП принятия управленческих решений, подлежащих выполнению конкретным ЛПР в соответствии с действующей НТД.

Далее блок проверки координат и времени 2 передает результаты работы и исходное сообщение в блок считывания алфавитно-цифрового кода 3. Блок считывания алфавитно-цифрового кода 3 извлекает из *SMS*-сообщения оставшуюся часть кода, разделяет его на кодовые цепочки и передает в блок извлечения информации из банков данных и формирования сообщений 8.

Получив код ЧС, блок извлечения информации из банков данных и формирования сообщений 8 взаимодействует с блоком хранения банков данных 4 по заданному алгоритму, и, в зависимости от полученного кода ЧС, а также от текущего местонахождения абонента и времени, прошедшего с момента возникновения ЧС, извлекает из хранимых в блоке 4 банков данных требуемую информацию и формирует из нее сообщение о конкретной ЧС.

Блок 8 формирует сообщение и передает его в блок выдачи информации на

встроенные технические средства МТ 9. Получив сообщение, блок 9 для привлечения внимания абонента воспроизводит необходимую мелодию и вибросигнал соответственно на встроенном динамике мобильного телефона 15 и вибросигнализаторе 16, а также изменяет цвет экрана 14. Цвет зависит от «актуальности» сообщения и масштаба возникшей ЧС, используются оттенки трех цветов – красного, желтого, зеленого – «принцип светофора».

Воспроизведение выбранной мелодии происходит на высокой громкости, вне зависимости от того какая мелодия установлена абонентом для информирования о получении входящих вызовов и сообщений или переведен ли МТ в беззвучный режим. Прекращение воспроизведения указанной мелодии, отключение вибросигнала и изменение цвета экрана на обычный для данного МТ цвет блок 9 производит после того, как абонент нажмет одну из кнопок МТ на клавиатуре 13.

После этого блок выдачи информации на встроенные технические средства МТ 9 выводит на экран 14 текстовое сообщение, содержащее необходимую для принятия решений информацию о возникшей ЧС. Одновременно с этим блок 9 может вывести на динамик 15 звуковое сообщение, идентичное текстовому сообщению, выведенному на экран 14.

Также по запросу абонента на экран 14 выводится графическая информация, содержащая схему пострадавшей от ЧС железнодорожной станции, географическую карту прилегающей территории, на которой может быть обозначено расположение мест эвакуации и координаты очага поражения ЧС и т.д.

По окончании сообщения блок 9 выводит на экран 14 запрос абоненту, понял ли он сообщение. Если абонент нажимает на клавиатуре 13 кнопку, соответствующую «Да», то блок 9 отключается, а устройство возвращается в фоновый режим работы. Если абонент нажимает «Нет», то блок 9 повторяет сообщение еще раз, после чего вновь выводит указанный запрос.

После отключения блока 9, устройство информирования переходит в фоновый режим работы, блок 1 продолжает проверять в фоновом режиме все

приходящие в телефон абонента *SMS*-сообщения на предмет получения нового кода ЧС.

Описанное устройство может представлять собой отдельный блок (блоки), установленный в МТ соответствующего ЛПР, либо программное приложение, хранимое в памяти МТ. Также возможен вариант, при котором для реализации логики работы блоков, заложенной в них, может использоваться сочетание аппаратных и программных средств. Устройство может быть установлено в МТ с использованием доступных каналов связи и имеющихся в МТ интерфейсов взаимодействия для подключения внешних устройств и программ.

Устройство информирования может иметь несколько версий, предназначенных для работы с разными моделями МТ. Версия устройства, разработанная для конкретного МТ, должна учитывать его функциональные возможности.

Объем и качество информации, хранимой в банках данных, зависит от того, какому ЛПР принадлежит конкретный МТ и определяется заблаговременно с привлечением компетентных экспертов.

Устройство описанного выше вида может быть использовано в различных областях хозяйства (при условии соответствующей модификации) для адресного доведения необходимой информации до абонентов (информирования) при помощи *SMS*-сообщений, содержащих коды.

3.3 Выбор средств реализации метода информирования внешних ЛПР второго уровня при возникновении ЧС

В предыдущих разделах главы 3 был в общем виде описан предлагаемый автором метод информирования внешних ЛПР при возникновении ЧС на железнодорожной станции и синтезирована структура устройства информирования, которое устанавливается в МТ для обработки входящих *SMS*-сообщений с кодами ЧС. Далее необходимо выбрать средства, позволяющие провести экспериментальную проверку предложенных метода и устройства.

В качестве МТ предлагается использовать мобильные устройства (смартфоны), принадлежащие соответствующим ЛПР. Использование личных мобильных устройств сотрудниками предприятий широко практикуется концепцией *BYOD* («*Bring Your Own Device*» – «Принеси свое собственное устройство»), уже ставшей глобальной общемировой тенденцией [94].

Внедрение описанного метода информирования ЛПР можно провести в ОАО «РЖД» с достаточной эффективностью при использовании концепции *BYOD*. Предполагается, что соответствующие ЛПР на железной дороге и за ее пределами получат возможность устанавливать устройства и/или программы, изменяющие функциональность их МТ при получении входящих *SMS* с кодами ЧС. Далее, зарегистрировавшись в подсистеме информирования, они смогут получать адресные сообщения о возникновении ЧС на свои «обычные» смартфоны, которые они используют для повседневного общения.

Согласно концепции *BYOD*, это приведет к тому, что ответственные ЛПР круглосуточно будут находиться на связи (на работе и дома), сократятся затраты, поскольку стоимость МТ частично или полностью оплатят сами сотрудники, а эффективность их использования повысится.

Создание программы (мобильного приложения), загружаемой в память таких МТ, принадлежащих соответствующим ЛПР, является одним из наиболее доступных способов реализации предлагаемого метода [39].

Для выбора целевой платформы проанализируем состояние рынка МТ. По данным компании «*Strategy Analytics*» соотношение установленных операционных систем для мобильных устройств [95] следующее: «*Google Android*» – 81,2%; «*Apple iOS*» – 13,3%; «*Microsoft Windows Phone*» – 4,0%; «*Rim BlackBerry OS*» – 1,0%; другие – 0,5%, что отражено в диаграмме на рис. 3.3.

Очевидно, что на рынке доминирует платформа «*Android*». Также значительной популярностью пользуется операционная система «*iOS*», устанавливаемая на МТ, производимые компанией «*Apple*» («*iPhone*», «*iPad*»).

В качестве основной целевой платформы для реализации мобильного приложения целесообразно выбрать операционную систему «*Android*».

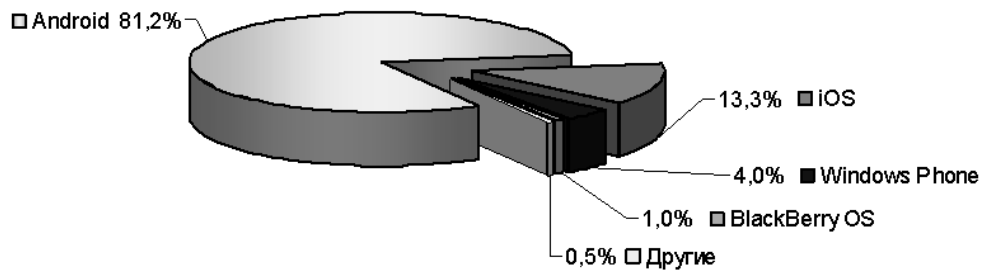


Рис. 3.3. Соотношение установленных операционных систем для мобильных устройств

Выбор этой платформы обусловлен не только ее популярностью, но и рядом существенных преимуществ [39] перед аналогами:

- в отличие от систем с закрытым исходным кодом («iOS», «Windows Phone») обладает полностью открытым исходным кодом, что позволяет проверить ядро системы на наличие незадекларированных возможностей, а так же реализовать специфические функции;
- операционная система совместима с различными аппаратными платформами, предъявляет минимальные требования для своего запуска;
- платформа предоставляет бесплатные средства разработки, существует множество открытых библиотек, в частности «SQLite» («легковесная» СУБД);
- доступны легкие способы обновления и доставки приложений.

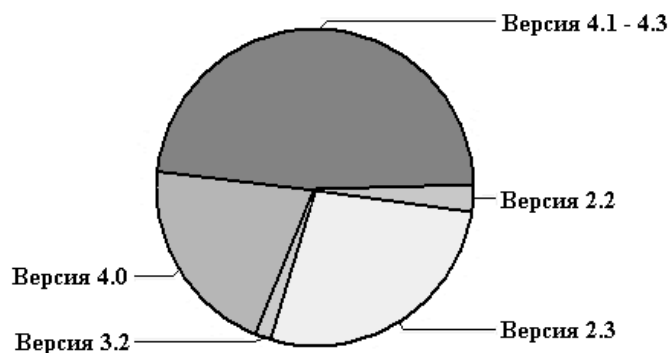


Рис. 3.4. Соотношение количества установленных версий операционной системы «Android»

В качестве целевой версии операционной системы «Android» выбрана версия не ниже 4.0 (API 15+), установленная [39] на 69% Android-совместимых

устройств (диаграмма на рис. 3.4). В настоящее время данная версия является наиболее стабильной и надежной, предоставляет множество возможностей.

Далее необходимо решить важный вопрос выбора системы кодирования информации о ЧС (т.е. перехода от исходной формы представления информации к более удобной для передачи) и ее декодирования, как обратного кодированию действия.

Основной целью кодирования является уменьшение длины передаваемого сообщения с последующим восстановлением информации на стороне получателя. Второстепенной целью является защита передаваемой информации от несанкционированного доступа. Т.е. указанный код можно воспринимать и как шифр – код, декодирование которого могут осуществить представители ограниченного круга лиц. Хотя его криптографическая стойкость не оценивается в исследовании.

Для этого предлагается использовать разновидность блочного кодирования, известную под названием «словесное кодирование». В этом методе определенные кодовые цепочки относятся к блокам символов исходного (первичного) текста, представляющим собой целые слова и/или словосочетания. Известно [96], что такое кодирование позволяет достичь уменьшения длины передаваемого сообщения.

Кодовые цепочки будем строить на основе равномерного кодирования, когда со всеми блокам (словами и/или словосочетаниями) исходного текста связаны кодовые цепочки одинаковой длины N_{kod} . При таком кодировании не требуется передавать символы разделения блоков исходного текста («пробелы»), а также признак конца всего кодового сообщения.

Декодирующее устройство должно последовательно отсчитывать известное количество символов в кодовой цепочке и интерпретировать цепочку (устанавливать, какому слову и/или словосочетанию исходного текста она соответствует). Таким образом, декодирующее устройство представляет собой систему, позволяющую преобразовывать совокупность кодовых цепочек $I^{(kod)}$ равной известной длины N_{kod} в слова и/или словосочетания исходного текста

сообщения $I^{(text)}$, что можно описать выражением:

$$I^{(kod)} \rightarrow I^{(text)}. \quad (14)$$

При этом исходный текст сообщения $I^{(text)}$ должен состоять из некоторого ограниченного подмножества (русского) языка, содержащего N_{text} слов и словосочетаний. Очевидно, что указанное подмножество должно включать в себя наиболее употребительные слова, используемые при описании ЧС, возникающих на железнодорожных станциях.

Для формирования кодовых цепочек, подлежащих пересылке в *SMS*, предлагается использовать только прописные и строчные буквы латинского алфавита, а также арабские цифры. В таком случае возможно использовать максимально допустимую длину одного *SMS*-сообщения, равную 160 символам (ограничение технологии *SMS* на длину сообщений). При этом в каждой позиции кодовой цепочки может находиться один из:

$$M_S = 26 * 2 + 10 = 62 \text{ (символов)}.$$

Т.е. можно говорить о 62-ричном способе кодирования.

Оценим количество слов и словосочетаний N_{text} , необходимых для передачи информации о возникновении ЧС. Известно [97], что словарный запас человека обычно не превышает 5000 слов, которых хватает для описания большинства возникающих ситуаций.

При информировании о ЧС используется ограниченное подмножество языка, поэтому число слов и словосочетаний N_{text} , может быть несколько меньше этого значения и должно лежать в диапазоне от 3 до 5 тысяч:

$$3000 \leq N_{text} \leq 5000.$$

Для определения длины кодовой цепочки N_{kod} , достаточной для кодирования такого количества слов и словосочетаний, воспользуемся формулой:

$$N_{kod} = \log_{M_S}(N_{text}), \quad (15)$$

Подставим определенные ранее значения $M_S = 62$ и $3000 \leq N_{text} \leq 5000$:

$$\log_{62}(3000) \leq N_{kod} \leq \log_{62}(5000),$$

$$1,9399 \leq N_{kod} \leq 2,0637.$$

Полученные значения следует округлить до ближайшего большего целого числа. В нашем случае, можно округлить либо до 2, либо до 3. Оценим, какое количество слов и словосочетаний N_{text} можно будет закодировать (декодировать) при использовании кодовых цепочек длиной 2 и длиной 3. Для этого воспользуемся формулой, обратной к формуле 15:

$$N_{text} = (M_S)^{N_{kod}}. \quad (16)$$

При использовании цепочек длиной 2 символа по формуле (16) получаем:

$$N_{text} = 62^2 = 3844 \text{ (слова и/или словосочетания).}$$

При использовании цепочек длиной 3 символа по формуле (16) получаем:

$$N_{text} = 62^3 = 238328 \text{ (слова и/или словосочетания).}$$

Количество слов и словосочетаний во втором случае явно избыточно для решения поставленных задач. Поэтому, выбираем первый вариант и кодирование будем производить кодовыми цепочками, представляющими собой пары подряд идущих символов, каждая из которых может нести информацию об одном из 3844 вариантов.

Одно сообщение с кодом максимально может содержать до 160 символов (ограничение на длину *SMS*) при выбранном использовании букв латинского алфавита и арабских цифр. Всего пар в коде $160/2 = 80$ (кодовых цепочек).

В кодовом сообщении не все пары будут использоваться для передачи текстовой информации. Часть кодовых цепочек следует выделить для передачи т.н. «служебной информации».

В блоке служебной информации должны кодироваться:

- тип сообщения (безотлагательное, срочное, текущее, учебное и т.д.);
- тип мелодии и профиля вибросигнала, которые следует запустить на МТ при поступлении сообщения для привлечения внимания абонента;
- координаты места возникновения ЧС;
- номера графических файлов со схемой станции, где произошла ЧС, картой прилегающих к станции территорий, планом эвакуации персонала и т.д.

Под кодирование этой информации выделим первые пять пар символов кодового сообщения, остальные $160 - (5 \cdot 2) = 150$ символов отведем для

передачи кода текстового сообщения.

Пример структуры кодового сообщения показан на рис. 3.5.

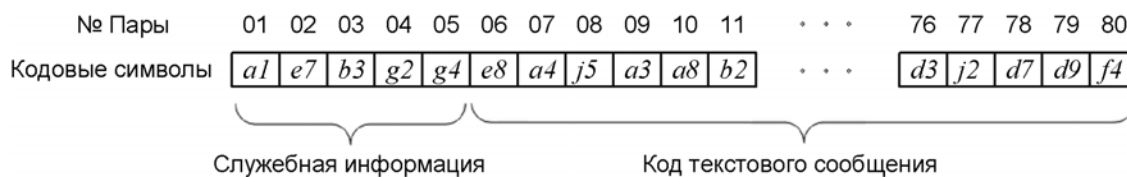


Рис. 3.5. Структура кодового сообщения

Роль ключа, используемого при декодировании/кодировании сообщений, выполняют кодовые таблицы (таблицы соответствия), хранимые в банках данных МТ. Кодовые таблицы можно рассматривать в качестве некоторого правила, описывающего необходимое отображение (14) множества кодовых цепочек $I^{(kod)}$ во множество элементов исходного сообщения $I^{(text)}$. Для выполнения кодирования/декодирования код должен быть однозначным, т.е. одной кодовой цепочке должен соответствовать один элемент исходного сообщения (слово, словосочетание, графический файл и т.д.).

МТ, принадлежащий внешнему ЛППР, должен хранить в своих БД, как минимум 3 кодовые таблицы (что соответствует структуре устройства, показанной на рисунке 3.2):

- банк слов и словосочетаний;
- банк графических файлов;
- банк мелодий и профилей вибросигналов.

Банки данных имеют вид таблиц. Фрагмент возможной организации банка слов и словосочетаний показан в таблице 3.2. Количество строк такой таблицы не может превышать 3844, что было показано выше.

Фрагмент кода «a2f3» соответствует фрагменту исходного сообщения «произошел выброс хлора». Декодирующее устройство, получив фрагмент кода «a2f3», должно произвести поиск в банке слов и словосочетаний по первому столбцу, и сформировать по найденным данным алфавитное сообщение для вывода на экран МТ «произошел выброс хлора» и идентичное речевое сообщение для вывода на динамик.

Речевое сообщение должно синтезироваться из звуковых файлов, путь к которым (или сами файлы) хранится в таблице 3.2. Воспроизведение речевого сообщения может производиться по желанию абонента и не является основной функцией устройства информирования ЛПР.

Таблица 3.2. Фрагмент банка слов и словосочетаний

Код слова или словосочетания	Алфавитные символы слова или словосочетания	Звуковой файл, содержащий слово или словосочетание
...	...	...
a2	произошел выброс	\mnt\sdcard\Vybros.mp3
...	...	...
f3	хлора	\mnt\sdcard\Hlor.mp3
...	...	...

Оценим, на сколько, в среднем, мы смогли увеличить длину текстового сообщения, выводимого на экран МТ, по сравнению с максимально допустимой длиной одного *SMS*-сообщения.

Максимально возможную длину передаваемого исходного сообщения N_{MAX} можно приблизительно оценить по формуле:

$$N_{MAX} = N_{mid} * N_{SMS}, \quad (17)$$

где N_{mid} – средняя длина (количество символов) в одном слове или словосочетании исходного текста, кодируемом одной кодовой цепочкой;

N_{SMS} – количество кодовых цепочек, используемых для кодирования текста в одном *SMS*-сообщении.

При принятой системе кодирования $N_{SMS} = 75$. В [96] указано, что средняя длина слова на русском языке $N_{mid} = 6,3$ символа (5,3 символа + пробел между словами). Подставив эти значения в формулу (17), получим:

$$N_{MAX} = 6,3 * 75 = 472,5 \text{ (символа)}.$$

Таким образом, среднюю длину передаваемого сообщения удалось увеличить в $472,5/160 \approx 3$ раза по сравнению с максимальной длиной одного *SMS* при использовании в нем только символов латинского алфавита (160

символов). По сравнению с *SMS* на русском языке (кириллический алфавит – максимальная длина одного *SMS* равна 70 символам) среднюю длину удалось увеличить в $472,5/70 = 6,75$ раз.

Фактически средняя длина N_{mid} слов и словосочетаний, используемых при описании ЧС, возникающих на железнодорожных станциях, больше указанной средней длины (6,3 символа) слов на русском языке. Поэтому длина исходного сообщения может быть больше, чем рассчитанные 472,5 символа. При экспериментальной проверке [39] предложенного метода информирования ЛПР, удавалось декодировать сообщения о ЧС на русском языке, длина которых после расшифровки достигала 750 символов (включая пробелы).

Описанный способ кодирования *SMS*-сообщений при необходимости может быть несколько изменен, а банки данных, хранимые в памяти МТ, могут обновляться и пополняться новой информацией в процессе работы МТ.

Использование описанного «словесного кодирования» имеет и свои недостатки [96], одним из которых является то, что помимо основных слов язык содержит много производных от них, например, различные падежи существительных, и каждому из них требуется присвоить свои коды.

Для преодоления указанного недостатка можно использовать предварительно заготовленные формы информирования, хранимые в МТ абонента, и содержащие «скелет» типового сообщения с заранее согласованными падежами и прочими формами употребления слов русского языка. При этом информация из *SMS* с кодом ЧС будет помещаться только в специально отведенные места хранимой формы, создавая законченный правильный текст, содержащий информацию о возникшей ЧС.

Также следует упомянуть об известной проблеме [39], возникающей при использовании концепции *BYOD* на предприятиях, – обеспечении информационной безопасности и устойчивости к действиям злоумышленников. В контексте данной проблемы код ЧС также должен решать задачу защиты передаваемой информации от несанкционированного доступа третьих лиц.

Для устранения этой проблемы в подсистеме информирования необходимо

предусмотреть возможность использования следующих мер защиты:

- значения передаваемых кодовых цепочек и содержание хранимых в МТ кодовых таблиц должны быть известны ограниченному кругу лиц;
- код и кодовые таблицы могут регулярно обновляться;
- версии приложений и устройств, предназначенных для установки на МТ ЛПР разного уровня, должны различаться;
- коды сообщений могут быть специфичны для каждой группы ЛПР, подлежащих информированию;
- МТ должны содержать средства аутентификации абонента, например, путем ввода пароля или выполнения им некоторой комбинации действий.

Также известно, что создаются мобильные устройства, оснащенные встроенным сканером отпечатков пальцев, касанием которого владелец может разблокировать МТ, что предоставляет дополнительную возможность защиты подсистемы информирования от нежелательных действий третьих лиц.

В частности [98], таким устройством оснащен МТ «*HTC One Max*», который, используя специальный алгоритм, шифрует отсканированный отпечаток пальца и сохраняет данные в защищенном разделе памяти. Преобразованные данные достаточно специфичны, поэтому в случае кражи МТ у ЛПР, являющегося пользователем подсистемы, злоумышленник не сможет воспользоваться им и получить доступ к передаваемой информации о ЧС.

3.4. Программная реализация устройства информирования внешних ЛПР второго уровня при возникновении ЧС

Рассмотрим программу (мобильное приложение), подлежащую загрузке в память МТ, принадлежащих внешним ЛПР, для реализации предложенного метода информирования о возникновении ЧС на железнодорожных станциях при помощи *SMS*-сообщений, содержащих кодовые последовательности.

Данная программа была создана автором в качестве программной реализации устройства информирования внешних ЛПР, описанного в разделе

3.2. Указанная программа [99], получившая название «Мобильное приложение для адресного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте «*Railway SMS Smart Alert*» (*RSA*)», защищена свидетельством о государственной регистрации №2014611447 от 3.02.2014 г., копия которого приведена в приложении А. Разработка указанной программы была освещена автором в таких работах, как [39, 100].

Программа «*RSA*» представляет собой приложение для МТ, работающих под управлением операционной системы «*Android*» версии не ниже 4.0 (*API* 15+). После установки приложение занимает 1,27 Мб в памяти МТ. Разработка программного кода приложения велась на языке «*Java*» в среде «*Eclipse IDE for Java Developers*», снабженной соответствующими модулями расширения (плагинами). Для создания БД применена библиотека «*SQLite*».

Данное мобильное приложение можно рассматривать в качестве прототипа, реализующего основные положения метода информирования ЛПР. Однако, некоторые функциональные возможности, описанные в разделе 3.2 для устройства информирования, не были реализованы в программе «*RSA*». Поэтому совершенствование мобильного приложения может продолжиться в направлении постепенного дополнения новыми функциями и возможностями. Объем и содержание БД, хранимой в памяти МТ, может изменяться по мере накопления опыта применения указанного приложения.

При создании приложений для «*Android*» используется такое понятие, как «активность» («*activity*») – экран с набором элементов управления, который приложение может показывать пользователю [101]. Активности могут предназначаться для ввода информации, ее вывода и предоставления дополнительных возможностей. Запуск (или возврат из) активности приводит к перемещению между экранами мобильного приложения. Также некоторые активности (например, для автоматического выполнения скрытых от пользователя действий) могут не предназначаться для вывода на экран и не иметь пользовательского интерфейса.

Основные активности созданного мобильного приложения и схема их

взаимодействия показаны на рис. 3.6.

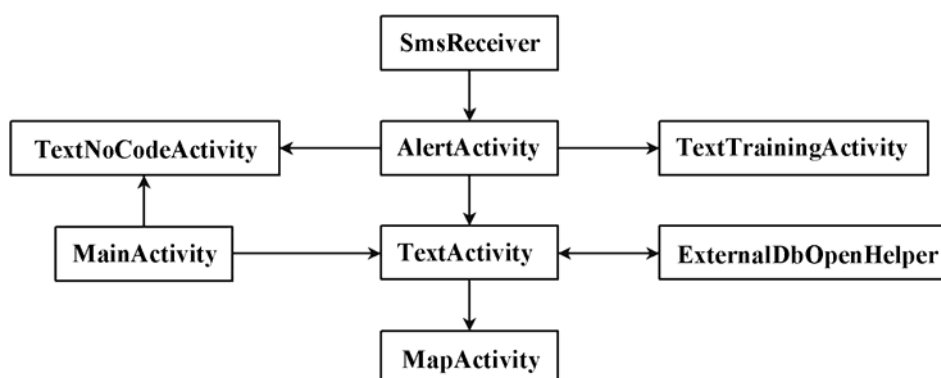


Рис. 3.6. Основные активности мобильного приложения и схема их взаимодействия

Кратко опишем предназначение каждой активности приложения.

MainActivity – активность, демонстрируемая при запуске пользователем приложения. Отображает ссылки на несколько сообщений о ЧС, поступивших на МТ ранее. Если пользователь вновь хочет просмотреть одно из этих сообщений, то *MainActivity* запускает активность *TextActivity* или *TextNoCodeActivity*, что зависит от типа сообщения. В случае, когда на МТ еще не поступило ни одного сообщения, либо пользователь удалил все ранее поступившие сообщения, то активность отображает текстовую строку «Сообщений о ЧС пока нет...» и выводит справочную информацию.

ExternalDbOpenHelper – активность используемая для работы с БД приложения, представляющей собой файл библиотеки встроенной СУБД «*SQLite*» с расширением *.db. При первом запуске приложения активность создает файл БД в соответствующей директории МТ и копирует туда необходимые данные. Активность *ExternalDbOpenHelper* не предназначена для вывода на экран, пользовательского интерфейса не имеет.

SmsReceiver – активность, содержащая приемник широковещательных сообщений о поступлении на МТ абонента новых SMS-сообщений. В фоновом режиме проверяет все поступающие сообщения. Если сообщение поступило от подсистемы информирования о возникновении ЧС, то активность сохраняет сообщение в соответствующей текстовой переменной, запускает активность

AlertActivity и передает ей эту переменную, а также уничтожает широковещательное сообщение при помощи функции *abortBroadcast()*. Если сообщение поступило от любого другого номера, то активность *SmsReceiver* не выполняет никаких действий.

Алгоритм функционирования данной активности представлен на рис. 3.7. Активность также не имеет пользовательского интерфейса.

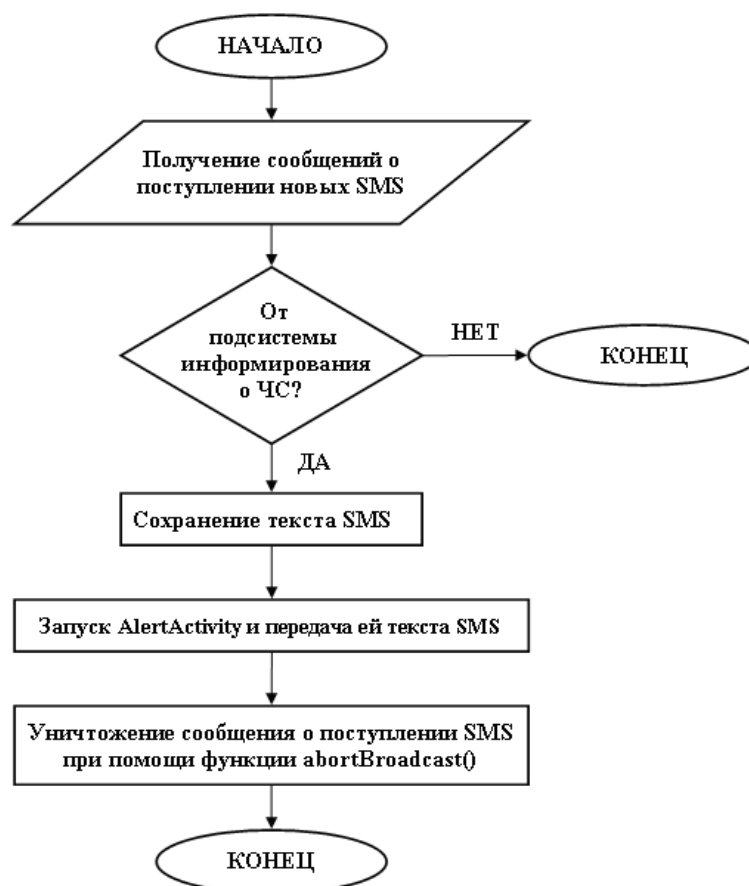


Рис. 3.7. Алгоритм функционирования активности *SmsReceiver*

AlertActivity – активность, запускаемая для привлечения внимания абонента при поступлении SMS-сообщения о возникновении ЧС. Активность анализирует служебную часть кодового сообщения и в зависимости от этого выполняет определенные действия. Запускает соответствующую мелодию на высокой громкости и профиль вибросигнала (зависит от важности сообщения), включает экран с максимальной яркостью и выводит на него пользовательский интерфейс, показанный на рисунке 3.8 а. При попытке пользователя закрыть этот экран, не прочитав сообщение, данная попытка будет проигнорирована, а

на экране появится уведомление «Получено важное сообщение! Пожалуйста, просмотрите его».

При нажатии на кнопку «Просмотреть», *AlertActivity* запустит одну из трех нижеследующих активностей, выбор которой зависит от типа полученного сообщения:

- *TextTrainingActivity*, если получено учебное (тестовое) сообщение;
- *TextNoCodeActivity*, если сообщение содержит обычный некодированный текст;
- *TextActivity*, если сообщение содержит правильным образом закодированный текст.

TextTrainingActivity – активность, запускаемая при поступлении учебного (тестового) сообщения. Отображает соответствующий графический интерфейс с указанием того, что выводимое сообщение является учебным (тестовым).

TextNoCodeActivity – активность, запускаемая при поступлении от подсистемы информирования сообщения с простым некодированным текстом. Данная возможность предусмотрена на случай возникновения необычной ЧС, описание которой подсистема информирования не сможет закодировать с использованием имеющейся БД. Тогда отправка простого текстового сообщения, не содержащего никаких кодов, может стать единственным возможным вариантом своевременного информирования ЛПР.

TextActivity – активность, производящая декодирование полученного в SMS-сообщении кода и преобразование его в текстовое сообщение, выводимое на экран пользователя (рис. 3.8 б). Для этого активность взаимодействует через *ExternalDbOpenHelper* с БД слов и словосочетаний, хранимой в памяти МТ. *TextActivity* также изменяет цвет экрана МТ в зависимости от важности сообщения (используются оттенки красного, желтого и зеленого цветов).

MapActivity – активность, предназначенная для показа графического файла со схемой станции, на которой произошла ЧС (рис. 3.8 в). Также активность может использоваться для демонстрации географической карты прилегающих к станции территорий и т.д. Если полученное кодированное сообщение содержит

в себе координаты места возникновения ЧС, то активность *MapActivity* отметит на схеме станции и карте точное место возникновения ЧС и возможные зоны воздействия поражающих факторов произошедшей ЧС. Имеется возможность увеличения/уменьшения масштаба выводимых в активности изображений.

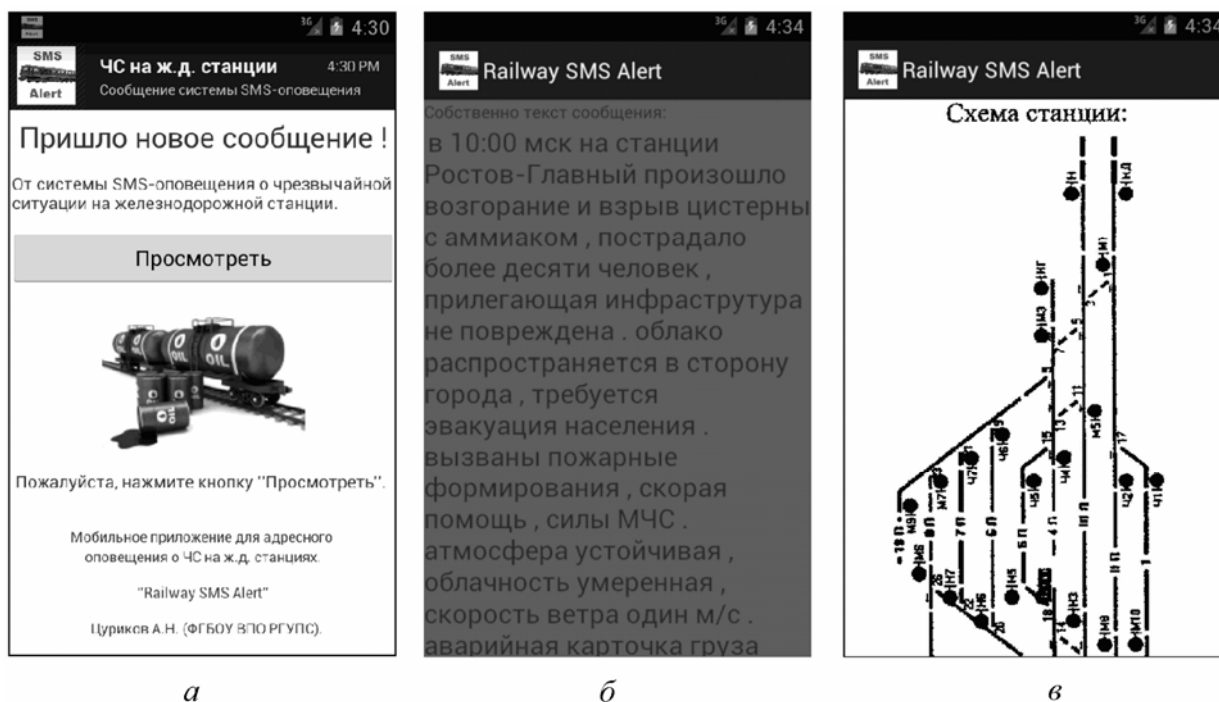


Рис. 3.8. Пользовательский интерфейс активностей мобильного приложения:

а – *AlertActivity*, *б* – *TextActivity*, *в* – *MapActivity*.

Сопоставим функциональность описанных элементов созданного мобильного приложения с функциональностью блоков устройства информирования, структура которого приведена на рис. 3.2.

БД приложения, являющуюся файлом с расширением *.db СУБД «*SQLite*», можно рассматривать, как реализацию блока хранения банков данных устройства информирования. Активность *ExternalDbOpenHelper* реализует часть функциональности блока извлечения информации из банков данных и формирования сообщений. *SmsReceiver* реализует функции блока отслеживания входящих SMS-сообщений. *AlertActivity* реализует функциональность блока считывания алфавитно-цифрового кода. *TextActivity* совместно с *MapActivity* выполняют функции блока извлечения информации из банков данных и

формирования сообщений и блока выдачи информации на встроенные технические средства МТ.

Мобильное приложение «*RSA*» тестировалось на МТ «*Huawei U9200E Ascend P1 XL*», работающем под управлением операционной системы «*Android*» версии 4.0.3. Основные технические характеристики этого МТ следующие:

- процессор: *Texas Instruments OMAP 4460*;
- тактовая частота процессора: два ядра, 1500 МГц;
- видеоускоритель: *PowerVR SGX 540*;
- объем оперативной памяти: 1 Гб;
- объем постоянной памяти: 6 Гб;
- экран: диагональ 4,3 дюйма, разрешение 540 x 960 *px*;
- диапазон работы в сетях *GSM*: *GSM 850*, *GSM 900*, *GSM 1800*, *GSM 1900*.

В ходе экспериментального тестирования мобильного приложения сбоя в его работе зафиксировано не было. Сообщения с кодами ЧС направлялись на МТ, снабженный приложением «*RSA*», находившийся в разных районах г. Ростова-на-Дону. Время от момента отправки указанных *SMS*-сообщений до момента запуска в МТ процесса информирования абонента не превышало 1 минуты. Удавалось декодировать текстовые сообщения о ЧС, максимальная длина которых после расшифровки достигала 750 символов [39].

В итоге можно отметить, что метод информирования внешних ЛПР о возникновении ЧС показал свою работоспособность. Получение положительных результатов открывает возможность более широкого применения метода. В том числе и для оповещения населения, проживающего на территориях, прилегающих к железнодорожным станциям и другим опасным производственным объектам.

3.5. Выводы по главе 3

В итоге, сформулируем выводы по третьей главе диссертационной работы:

- предложено усовершенствовать метод информирования ЛПР на железнодорожном транспорте с использованием *SMS*-сообщений стандарта

GSM за счет того, что при возникновении ЧС генерируется и пересылается в *SMS* алфавитно-цифровой код, длина которого не превышает допустимую длину *SMS*, а обработка кода и формирование сообщения, составленного из хранимых в памяти фрагментов информации, осуществляется в МТ;

- показано, что метод пересылки *SMS* с кодами, несущими информацию о ЧС, может использоваться и для получения данных от ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС, но для этого необходимо покрытие сигналом *GSM/GSM-R* значительной части сети железных дорог, что может быть реализовано в ИСУЖТ в отдаленной перспективе (более 5 лет);

- для реализации метода информирования в составе СППУР должны присутствовать элементы трех типов: стационарный элемент системы, подключенный к АРМ ЛПР ступени принятия решений линейного пункта, МТ внешних ЛПР второго уровня для получения информации о возникновении ЧС и МТ для ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС;

- синтезирована структура устройства информирования, устанавливаемого в МТ внешних ЛПР второго уровня для обработки получаемых ими *SMS*-сообщений с кодами ЧС, указано, что устройство может представлять блок (блоки), установленный в МТ, либо программу, хранимую в памяти МТ;

- создание программы (мобильного приложения), загружаемой в память МТ, принадлежащих ЛПР, позволяет внедрить в ОАО «РЖД» концепцию *BYOD*, предполагающую использование сотрудниками собственных устройств связи, в качестве целевой платформы обоснован выбор операционной системы «*Android*» версии не ниже 4.0 (*API 15+*);

- предложено для кодирования сообщений о ЧС, передаваемых в *SMS*, использовать «словесное кодирование» (разновидность блочного), кодовые цепочки решено строить на основе равномерного кодирования, обоснована длина кодовой цепочки равная двум (кодирование парами символов) при использовании прописных и строчных букв латинского алфавита и цифр, каждая пара может нести информацию об одном из 3844 вариантов;

- показано, что таким образом среднюю длину передаваемого текстового

сообщения можно увеличить в 6,75 раз по сравнению с максимальной длиной *SMS* на русском языке (кириллица), также есть и дополнительные преимущества, как демонстрация графических файлов, запуск мелодий для привлечения внимания, изменение цвета экрана МТ и т.д.;

- рассмотрены возможности обеспечения информационной безопасности при использовании *BYOD*, указано, что значения кодовых цепочек и содержание кодовых таблиц должны быть известны ограниченному кругу лиц, при этом, код можно воспринимать, как шифр, а роль ключа, используемого при декодировании/кодировании сообщений, выполняют кодовые таблицы;

- создана программа (мобильное приложение) «*RSA*» являющаяся прототипом, программно реализующим устройство информирования ЛПР для экспериментального исследования метода информирования внешних ЛПР второго уровня, программа позволила практически подтвердить применимость авторского метода информирования для решения заявленных задач.

ГЛАВА 4. ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

4.1. Моделирование системы поддержки принятия управленческих решений на концептуальном уровне

Ранее в тексте диссертации отмечалось, что в состав разрабатываемой СППУР следует включить элементы, как минимум, трех типов:

- МТ для ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС;
- стационарный элемент системы, устанавливаемый на железнодорожной станции массового проследования и переработки ОГ, и подключаемый к АРМам ЛПР ступени принятия решений линейного пункта;
- МТ, принадлежащие внешним ЛПР второго уровня, используемые ими для получения информации о возникновении ЧС на станции и ее параметрах.

Рассматривая вопросы реализации СППУР необходимо описать требования к функциональным возможностям каждого из перечисленных элементов СППУР. Для этого нужно создать концептуальную модель [102] (*conceptual model*) системы – абстрактную модель, определяющую свойства элементов моделируемой системы и их структуру, причинно-следственные связи, присущие системе и значимые для достижения целей моделирования.

При моделировании системы на концептуальном уровне воспользуемся унифицированным языком моделирования *UML* (*Unified Modeling Language*), использующим графические обозначения для создания абстрактной модели системы. В *UML* применяются различные виды диаграмм (*UML*-диаграммы) для графического описания свойств системы [103].

Средства, предоставляемые *UML*-диаграммами, широко используются в науке для наглядного описания разнообразных информационных систем и их элементов. В том числе, и систем, предназначенных для железнодорожного транспорта. В частности, можно отметить следующую работу [104].

Из всех *UML*-диаграмм наибольший интерес для рассматриваемой в диссертационном исследовании СППУР представляет диаграмма прецедентов (*use case diagram*). Указанная диаграмма позволяет описать функциональность системы с помощью таких понятий, как «прецедент», «актер» и набора связей-отношений между ними [103].

Прецедент представляет собой эллипс с подписью, обозначающий минимальную (атомарную) последовательность действий, выполняемых системой. Прецедент описывает «что» делает система, но не «как» она это делает. Актер изображается на диаграмме в виде условной фигуры человека, обозначающей пользователя (или элемент системы), взаимодействующего с прецедентами моделируемой системы. Отношения между прецедентами и актерами обозначаются с помощью направленных стрелок.

На рисунке 4.1 показана диаграмма прецедентов, описывающая основные функциональные возможности МТ, предназначенного для ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС.

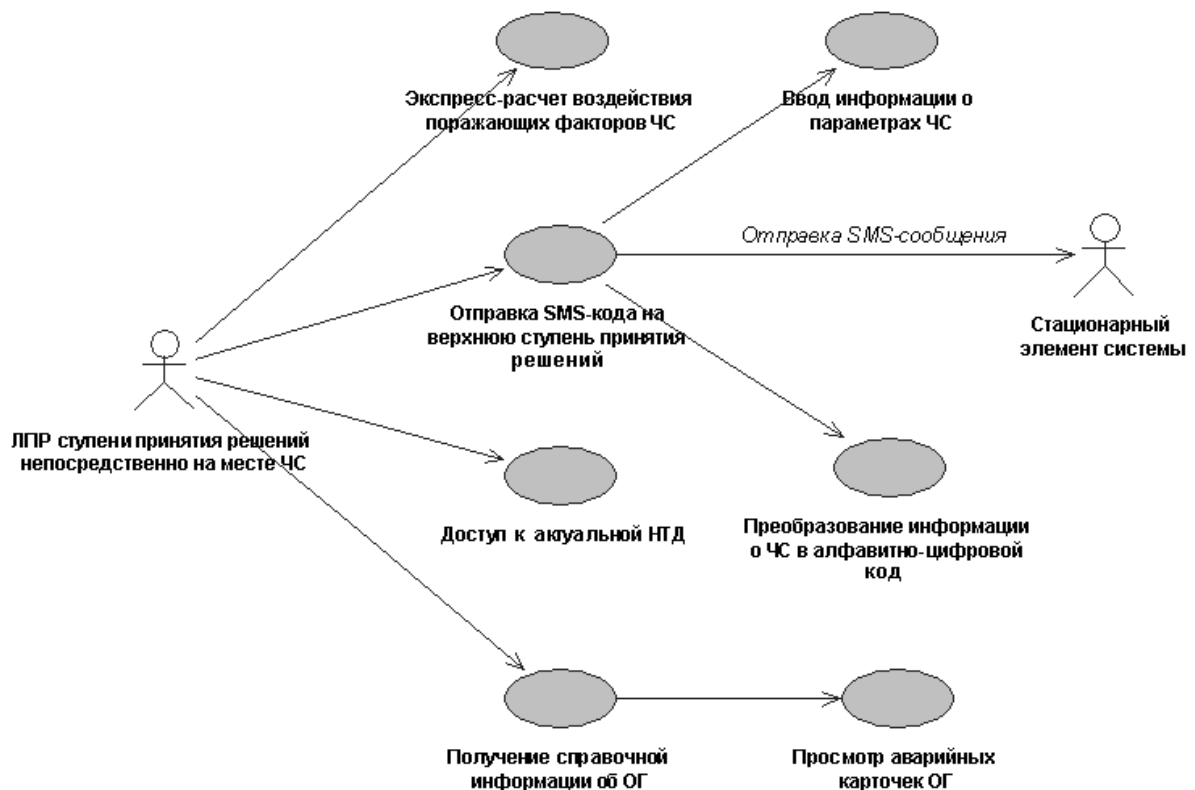


Рис. 4.1. Диаграмма прецедентов МТ для ЛПР ступени принятия решений непосредственно на месте ЧС

На диаграмме показаны 2 актера, взаимодействующих с моделируемым МТ – ЛПР ступени принятия решений на месте ЧС и стационарный элемент системы, получающий информацию о возникновении ЧС от указанного МТ.

МТ предоставляет возможность ЛПР ввести информацию о параметрах ЧС, автоматически преобразовать ее в код и отправить в стационарный элемент СППУР, установленный на железнодорожной станции, по сети *GSM/GSM-R*.

Помимо передачи информации о ЧС, МТ также позволяет ЛПР на месте ЧС произвести экспресс-расчет зон возможного воздействия поражающих факторов ЧС, получить справочную информацию о параметрах и свойствах ОГ (включая поиск и просмотр электронных версий аварийных карточек), получить оперативный доступ к НТД, определяющей порядок действий при ЧС. Перечисленные возможности показаны на диаграмме (рис. 4.1).

Далее необходимо создать диаграмму прецедентов, описывающую функционирование стационарного элемента системы, предназначенного для подключения к АРМ ЛПР ступени принятия решений линейного пункта (железнодорожной станции).

Очевидно, что функционирование СППУР при нормальной обстановке и при возникновении ЧС значительно различается. Обычным для подобных систем, применяемых для поддержки принятия решений при ЧС, является наличие нескольких режимов работы [21]. В частности, режима текущего функционирования и режима реагирования на ЧС. Также возможно наличие у системы и других режимов функционирования.

При проводимом в разделе концептуальном моделировании системы наибольший интерес представляет функционирование СППУР в режиме реагирования на ЧС. Диаграмма прецедентов, описывающая функционирование стационарного элемента системы в режиме реагирования на ЧС, приведена на рисунке 4.2. Функционирование системы в других режимах будет подробнее рассмотрено в следующем разделе диссертационной работы.

На диаграмме изображены 4 актера: ЛПР линейного пункта (принимающие решения на железнодорожной станции), МТ ЛПР ступени



Рис. 4.2. Диаграмма прецедентов стационарного элемента СПШУР в режиме реагирования на ЧС

принятия решений на месте ЧС (передающие информацию о возникновении ЧС в стационарный элемент системы), МТ внешних ЛПР второго уровня (получающие *SMS*-сообщения с кодом ЧС) и ЛПР вышестоящей ступени принятия решений (получающие информацию о возникновении ЧС).

ЛПР линейного пункта получает необходимую информацию не только от ЛПР, находящихся на месте ЧС, но и от операторов СТЦ (владеющих перевозочной документацией), от автоматизированных систем ОАО «РЖД», метеостанций и т.д. Необходимые данные могут поступать в систему автоматизировано и/или вводится вручную, что отражено на диаграмме.

На основе полученных данных моделируемый элемент системы производит оценку масштаба ЧС и состояния приземного слоя атмосферы (класс устойчивости атмосферы). В соответствии с масштабом и типом возникшей ЧС СППУР формирует и выводит на АРМ ЛПР линейного пункта рекомендуемый им набор действий при ЧС.

Сформированный набор действий, рекомендуемых ЛПР при ЧС, включает в себя: подпрограммы, реализующие расчетные методики, релевантные фрагменты НТД и сценарий информирования внешних ЛПР о ЧС.

Подпрограммы могут реализовывать различные формализованные расчетные методики, предназначенные для: расчета зон воздействия поражающих факторов ЧС; оценки необходимых для ликвидации сил и средств; определения предполагаемого количества пострадавших и материального ущерба и т.д. При расчете последствий ЧС с АХОВ используются результаты оценки состояния приземного слоя атмосферы.

Релевантные фрагменты НТД могут содержать: выдержки из ТРА станций, ситуационный план реагирования на ЧС соответствующего типа и масштаба, тексты аварийных карточек ОГ и др.

Выполнение предлагаемого ЛПР линейного пункта сценария информирования внешних ЛПР о ЧС включает в себя выдачу списка лиц, подлежащих информированию, и шаблонов сообщений для рассылки на их МТ. ЛПР на железнодорожной станции имеет возможность внести в предлагаемый

шаблон сообщений необходимые правки и передать их в *SMS* на МТ ЛПР второго уровня по *GSM*-сетям. Перед отправкой система автоматически должна преобразовать сообщение в код ЧС, подлежащий отправке на указанные МТ.

Результаты работы стационарного элемента системы должны выводиться на подключенные к ней АРМы ЛПР линейного пункта, в том числе и визуализироваться с помощью ГИС (например, с целью отображения на схеме станции и картах прилегающих территорий рассчитанных зон воздействия поражающих факторов ЧС).

Информацию о возникновении ЧС и результаты расчетов описываемый элемент СППУР должен передавать ЛПР и автоматизированным системам, находящимся на вышестоящей ступени принятия решений железнодорожного транспорта. Для этого могут использоваться машинно-ориентированные сообщения, железнодорожные сети передачи данных, телефонная связь и т.д.

Отчет о результатах работы сохраняется в БД системы для ее дальнейшего анализа, который может производиться, например, с целью определения правильности работы системы и/или действий ЛПР при возникновении ЧС.

На следующем этапе построим *UML*-диаграмму прецедентов третьего рассматриваемого элемента СППУР – МТ для внешних ЛПР второго уровня, осуществляющего прием и обработку входящих *SMS*-сообщений с информацией о ЧС, поступающих от стационарного элемента системы, установленного на станции. Указанная диаграмма приведена на рисунке 4.3.

На диаграмме изображены 2 актера, взаимодействующих с МТ: внешний ЛПР второго уровня (получающий и просматривающий сообщения с информацией о возникшей ЧС) и подсистема информирования стационарного элемента СППУР (отправляющая *SMS*-сообщения, содержащие информацию о параметрах возникшей на железнодорожной станции ЧС).

Инициатором запуска процесса информирования внешнего ЛПР в его МТ является стационарный элемент СППУР, который осуществляет это путем отправки *SMS*-сообщения с информацией о ЧС.

Во время приема указанного сообщения МТ может осуществить

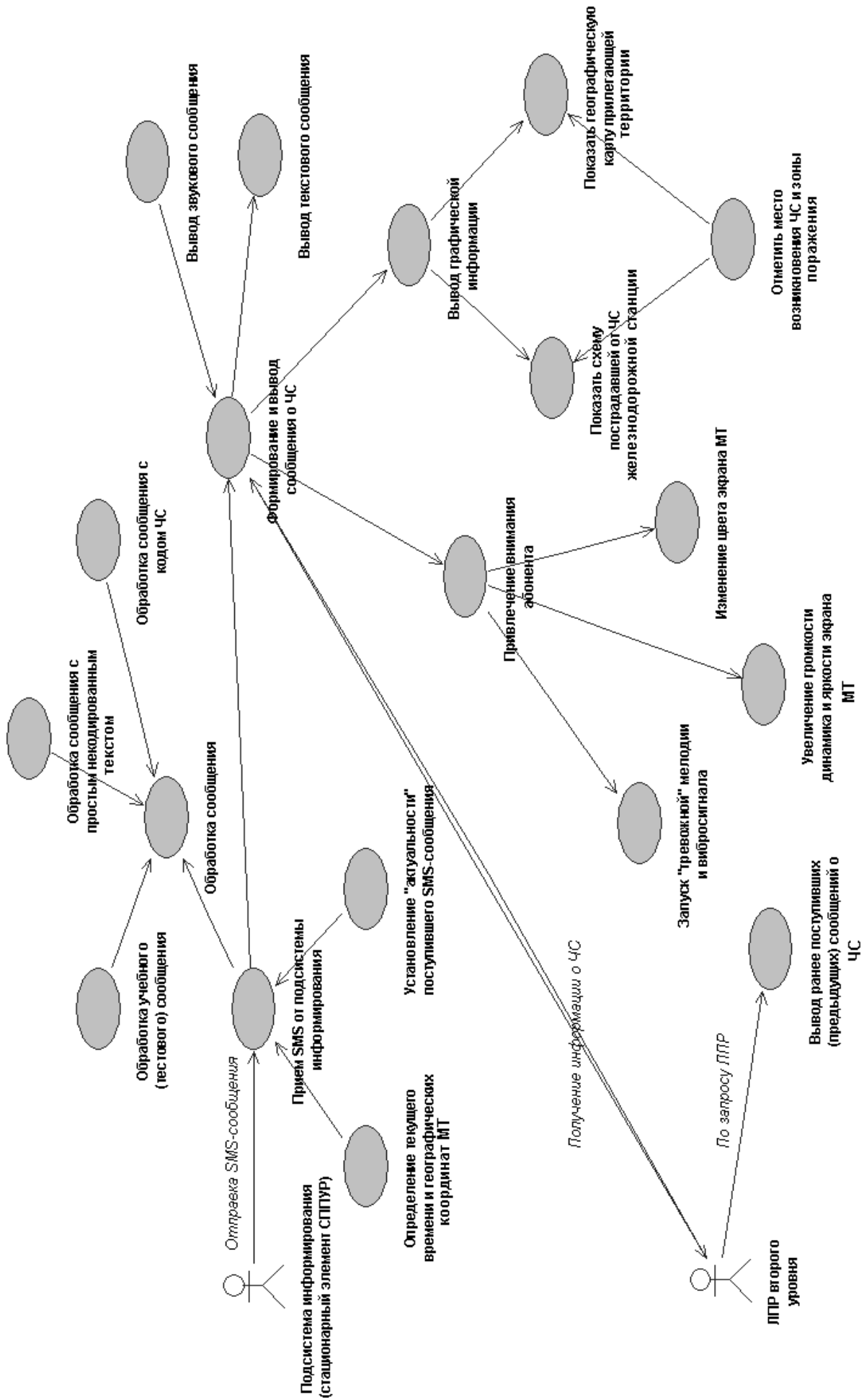


Рис. 4.3. Диаграмма прецедентов МТ для внешних ЛПР второго уровня

определение текущего времени и своих географических координат по сигналам систем спутникового позиционирования. Сравнивая эти данные с данными о времени и месте возникновения ЧС, содержащимися в *SMS*, МТ способен определить, насколько полученное сообщение «актуально» для получившего его ЛПР. Указанная функция моделируемого МТ является дополнительной и может реализовываться не во всех случаях.

На следующем этапе происходит дальнейшая обработка поступившего сообщения. То, как будет происходить эта обработка, зависит от того, к какому типу принадлежит поступившее *SMS*-сообщение. На диаграмме показана обработка сообщений трех возможных типов:

- учебное (тестовое) сообщение;
- сообщение с простым некодированным текстом;
- сообщение с кодом ЧС.

Затем МТ производит операцию формирования и вывода сообщений о ЧС. Данная операция включает в себя: привлечение внимания абонента, вывод текстового сообщения и вывод графической информации на экран МТ. Также на этом этапе возможен вывод и звукового сообщения, идентичного текстовому, на динамик МТ.

ЛПР, являющийся владельцем МТ, на этом этапе может взаимодействовать с МТ, осуществляя просмотр и получение информации о ЧС наиболее удобным для себя способом.

Функция привлечения внимания абонента МТ включает в себя такие действия, как: запуск «тревожной» мелодии и вибросигнала, увеличение громкости динамика и яркости экрана, изменение цвета экрана МТ.

Вывод графической информации о ЧС содержит функции демонстрации схемы пострадавшей от ЧС железнодорожной станции и географических карт прилегающих к станции территорий. Указанные функции могут быть дополнены возможностью указания на схеме и карте места возникновения ЧС и зон воздействия ее поражающих факторов.

Также абонент имеет возможность самостоятельно инициировать

просмотр (предыдущих) ранее поступивших в его МТ сообщений о ЧС для оценки развития конкретной ситуации на железнодорожной станции.

В целом приведенные диаграммы описывают функционирование элементов СППУР на концептуальном уровне с достаточной степенью детализации. Проведенное моделирование позволяет описать требования к функциональным возможностям каждого из рассмотренных элементов СППУР.

Разработка рассмотренных в разделе диаграмм проводилась в программном продукте «*Rational rose 2000*», предоставляющем необходимый инструментарий для создания и редактирования разнообразных *UML*-диаграмм.

4.2. Структура и режимы функционирования автоматизированной СППУР при возникновении ЧС

Схема взаимодействия трех смоделированных на предыдущем этапе элементов системы поддержки принятия управленческих решений показана на рисунке 4.4. Схема подобна *UML*-диаграмме развертывания (*deployment*), применяемой для описания физического развертывания элементов системы.

На рис. 4.4 с помощью стрелок условно изображены направления передачи информации между элементами системы. Показано, что ЛПР, находящееся на месте возникновения ЧС, может с помощью имеющегося у него МТ передать в стационарный элемент системы сообщение, содержащее информацию о параметрах возникшей ЧС. Сообщение передается в стационарный элемент по сети мобильной связи стандарта *GSM-R* в виде *SMS*-сообщения с кодом ЧС.

Стационарный элемент, установленный на железнодорожной станции, получая данные о ЧС из разных источников (в том числе и с места ЧС), производит с ними необходимые действия и выводит информацию на АРМы ЛПР линейного пункта для поддержки принятия их управленческих решений.

Стационарный элемент содержит в себе подсистему информирования, позволяющую не только получать информацию о ЧС с места ее возникновения, но также и рассылать *SMS* с кодами ЧС на МТ внешних ЛПР второго уровня по

GSM-сети связи. Указанные коды содержат информацию о возникшей ЧС, необходимую для поддержки принятия решений соответствующих ЛПР.

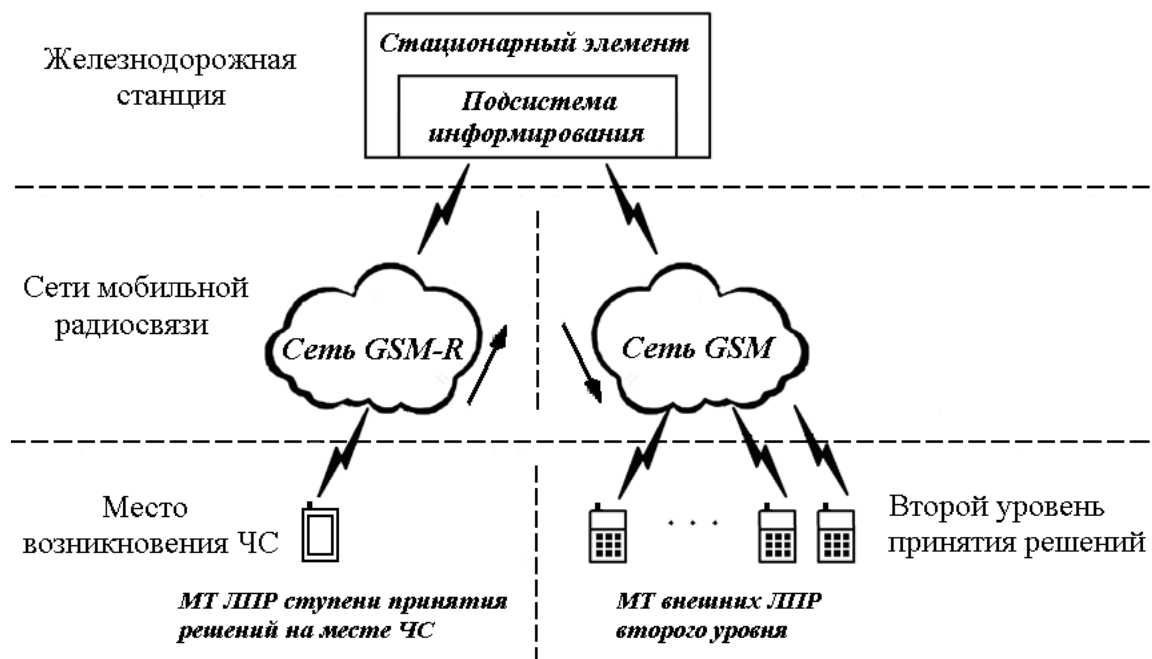


Рис. 4.4. Схема развертывания элементов автоматизированной СППУР

Декодирование информации из кода и вывод сообщения ЛПР осуществляют МТ с установленными в них устройствами (и/или программами) информирования, производящими необходимые действия при поступлении SMS-сообщений от подсистемы информирования. Вопросы реализации указанных МТ были рассмотрены в третьей главе диссертации.

Далее рассмотрим стационарный элемент СППУР, устанавливаемый на железнодорожных станциях массового проследования и переработки ОГ, на которых наиболее вероятно возникновение ЧС, и подключаемый к АРМам ЛПР ступени принятия решений линейного пункта. Рассматриваемый стационарный элемент выполняет поддержку принятия решений ЛПР при решении ими интеллектуальных, расчетных и информационных задач. На рисунке 4.5 показана схема подключения АРМ пользователей к стационарному элементу.

На рис. 4.5 использованы условные обозначения: 1 – стационарный элемент СППУР, 2 – интерфейс для получения сведений от систем ОАО «РЖД», 3 – интерфейс для передачи данных в системы ОАО «РЖД», 4 –

интерфейс беспроводного канала приема и передачи сообщений по сетям *GSM/GSM-R*. Элемент подключается к АРМ таких ЛПР, как ДСП (5), ДСЦ (6), ДС (7).

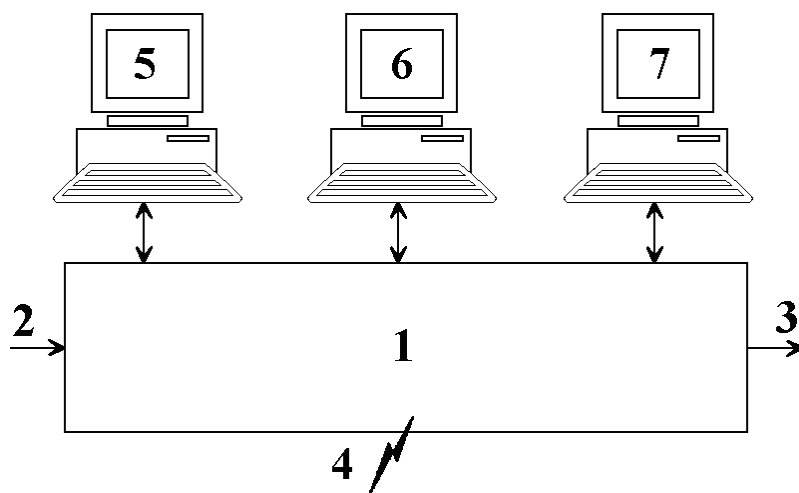


Рис. 4.5. Схема подключения АРМ пользователей к стационарному элементу СППУР

Решение стационарным элементом системы интеллектуальной задачи классификации возникшей ЧС по масштабу определяет рекомендуемый ЛПР набор действий. Для решения задачи используется технология ИНС, описанная во второй главе. Для ее реализации в СППУР следует предусмотреть средства обучения и настройки ИНС, реализующие авторский метод обучения ИНС.

Как отмечалось ранее, разрабатываемая система, подобно аналогам применяемым при ЧС, должна иметь несколько режимов функционирования. Помимо режимов текущего функционирования и реагирования на ЧС, наличие в системе ИНС, требующих обучения и настройки, определяет необходимость введения в описываемую СППУР режима ее подготовки и настройки.

Также необходимо предусмотреть режим автоматизированной проверки (тестирования) знаний и умений ее пользователей. Известно [42], что ЧС возникают относительно редко, поэтому требуется регулярно проверять подготовленность ЛПР, использующих систему, к реагированию на ЧС, знание функциональных возможностей СППУР, умение взаимодействовать с системой в различных режимах, готовность адекватно воспринимать информацию и т.д.

Таким образом, система имеет следующие режимы работы:

- режим подготовки и настройки;
- режим текущего функционирования;
- режим реагирования на ЧС;
- режим проверки (тестирования) пользователей.

Для описания работы СППУР в различных режимах функционирования синтезируем структуру стационарного элемента, обеспечивающую выполнение требуемых функциональных возможностей. На рис. 4.6 показана предлагаемая структура стационарного элемента.

Описываемая структура основана на положениях, изложенных автором в работах [47, 65, 105], и является дальнейшим развитием решений, защищенных патентом РФ на полезную модель «Автоматизированная информационная система поддержки принятия управленческих решений в условиях чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте», заявка №2014105260 от 12.02.2014, по которой принято положительное решение.

Отдельные блоки стационарного элемента СППУР, показанные на рис. 4.6, могут реализовываться аппаратно и/или программно. В последнем случае система представляет комплекс совместно функционирующих программных приложений. Подобная структура позволяет достичь таких преимуществ, как универсальность, взаимозаменяемость частей, децентрализация системы.

На рис. 4.6 использованы следующие обозначения: 1 – стационарный элемент СППУР, 2 – интерфейс для получения сведений от систем ОАО «РЖД», 3 – интерфейс для передачи данных в системы ОАО «РЖД», 4 – интерфейс беспроводного канала приема и передачи сообщений по сетям *GSM/GSM-R*, 5 – блок общения входной, 6 – модуль интеллектуальной части устройства, 7 – модуль общедоступных блоков устройства, 8 – модуль подсистемы информирования, 9 – блок общения выходной, 10 – блок обучения и настройки ИНС, 11 – блок оценки масштаба ЧС, 12 – блок оценки метеорологического состояния приземного слоя атмосферы, 13 – блок поиска релевантных фрагментов НТД, 14 – блок поиска сценария информирования

внешних ЛПР, 15 – блок поиска подпрограмм, реализующих расчетные методики, 16 – блок формирования и выдачи рекомендуемого набора действий.

Внутри блока 11 под номерами 17, 18, 19 показаны три ИНС, каждая из которых обучена на классификацию ЧС определенного типа: ЧС с АХОВ 17, ЧС с взрывчатыми материалами 18, ЧС с нефтеналивными грузами 19. ИНС выбираются для тех типов ЧС, возникновение которых наиболее вероятно на железнодорожной станции, оснащаемой разрабатываемой СППУР.

В блоках 13, 14, 15 изображены БД, в которых хранятся, соответственно: фрагменты НТД 20, сценарии информирования 21 и подпрограммы, реализующие расчетные методики 22.

В модуле 8 находятся: 23 – блок декодирования поступающих *SMS*-сообщений, 24 – блок кодирования *SMS*-сообщений, подлежащих отправке, и 25 – блок приема и передачи сообщений по сетям *GSM/GSM-R*.

Внутри модуля 7 размещены: 26 – блок ГИС, 27 – общая БД, 28 – блок автоматизированной проверки (тестирования) знаний и умений пользователей. Каждый из блоков устройства может обращаться к общей БД 27 и к ГИС 26.

Для облегчения восприятия схемы некоторые части стационарного элемента СППУР и связи между ними не показаны на рис 4.6. Опишем работу стационарного элемента (далее упоминаются ссылки на рис. 4.6).

Работа стационарного элемента СППУР 1 в режиме подготовки и настройки заключается, главным образом, в обучении ИНС 17-19, предназначенных для классификации ЧС по масштабу. Указанное обучение осуществляется с помощью блока обучения и настройки ИНС 10, который реализует функциональность устройства обучения, описанного в разделе 2.4.

Обучение ИНС производится на месте установки СППУР по методу обучения, раскрытому в главе 2, либо при непосредственном участии опытного ЛПР (эксперта), либо путем загрузки массива обучающих пар, полученных от эксперта ранее и содержащих совокупность накопленных им знаний. При необходимости может быть выбрана наиболее подходящая программа обучения, а синаптическим весам ИНС установлены требуемые значения.

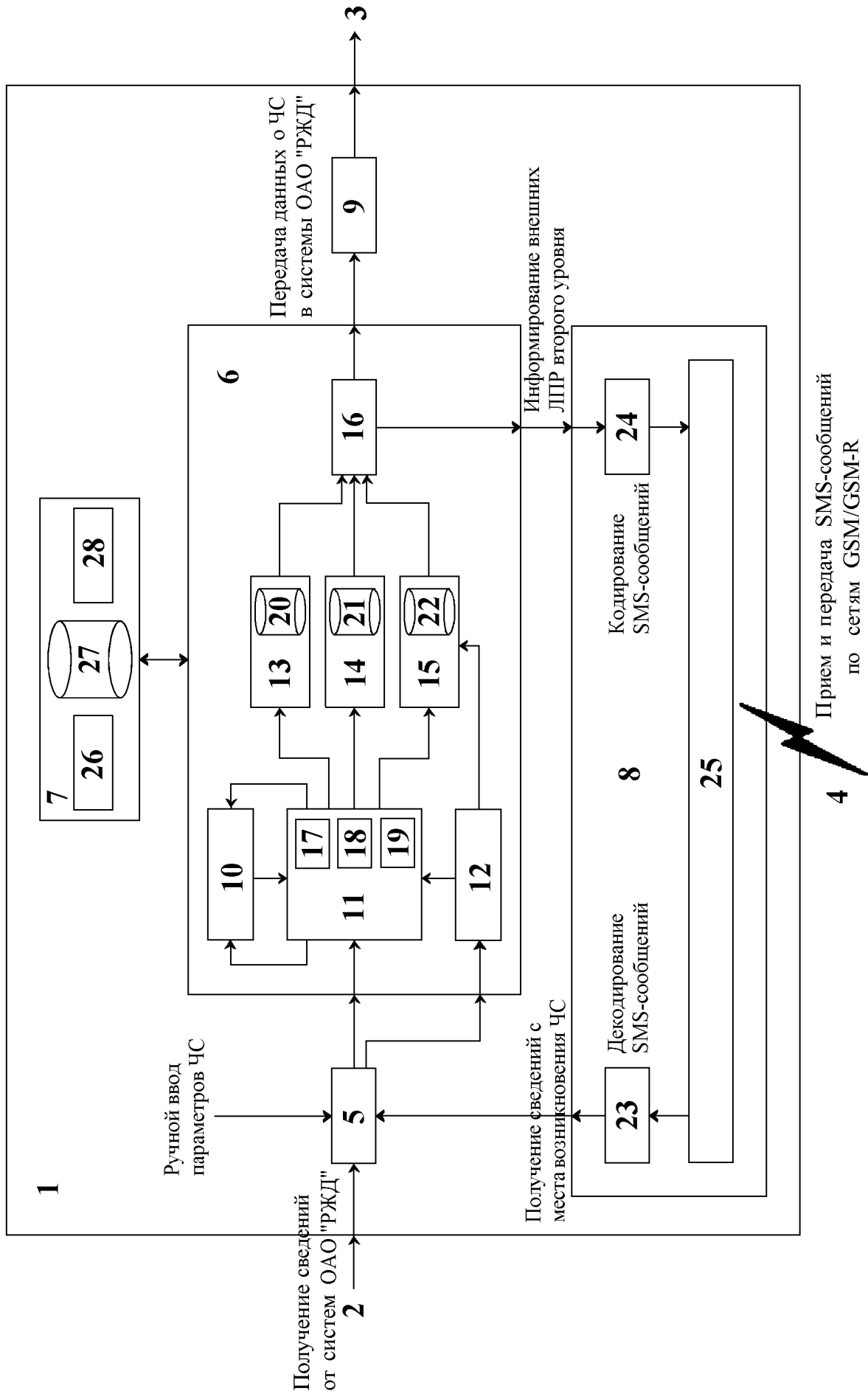


Рис. 4.6. Структура стационарного элемента автоматизированной СППРУ

Также возможно изменение хранимых БД (20-22, 27), путем их пополнения, редактирования и т.д.

Рассмотренный режим подготовки и настройки системы предназначен для использования пользователями-администраторами при первоначальном запуске системы (когда ИНС еще не обучены, а БД пусты) и далее при накоплении данных, требующих ввода в систему, и/или переобучения (дообучения) ИНС.

Основная задача стационарного элемента СППУР 1 в режиме текущего функционирования состоит в получении через интерфейс 2 сведений об обстановке и погодных условиях на станции и прилегающих территориях, которые могут быть оперативно использованы при возникновении ЧС.

Блок общения входной 5 подключается к информационным потокам систем ОАО «РЖД», доступ к которым имеется на железнодорожной станции установки системы, и метеостанций, расположенных на объектах транспорта и прилегающих территориях. К каким системам будет подключен блок 5, зависит от оснащения станции, на которой устанавливается стационарный элемент.

Также в режиме текущего функционирования блок 5 отслеживает поступление сообщений о ЧС от подсистемы информирования 8. Получение такого сообщения, отправленного МТ ЛПР с места возникновения ЧС, переводит стационарный элемент системы в режим реагирования на ЧС.

Перевод устройства в этот режим также может быть осуществлен уполномоченными операторами системы вручную со своих АРМ при получении ими информации о возникновении ЧС из других источников (например, по поездной радиосвязи).

Стационарный элемент 1 в режиме реагирования на ЧС работает следующим образом. Блок 25 подсистемы информирования 8 получает по беспроводному каналу 4 сообщение о возникновении ЧС, отправленное с места ЧС по сети *GSM-R*. Блок 23 производит декодирование сведений о ЧС из сообщения и передает их в блок общения 5.

Содержание сообщения визуализируется на АРМ ЛПР линейного пункта. Одновременно с этим числовые параметры ЧС, содержащиеся в поступившем

сообщении, передаются в блок 11 оценки масштаба ЧС. При необходимости ЛПР может дополнить или откорректировать полученные в SMS с места ЧС данные при помощи оконных форм с полями ввода, выводимых на экран АРМ.

Также возможен случай, когда ЛПР не может получить сообщение с места ЧС (например, повреждена сеть GSM-R или ЛПР на месте ЧС выведены из строя поражающими факторами ЧС), но при этом располагает информацией о ЧС, полученной из других источников (например, от операторов СТЦ, работников железнодорожного транспорта и т.д.). Тогда ЛПР линейного пункта может вручную ввести необходимые данные в поля ввода оконных форм, выводимых на экран АРМ, и перевести СППУР в режим реагирования на ЧС.

Получив данные из разных источников, блок 5 приводит их к единому виду и размерности, а затем передает в блок оценки масштаба ЧС 11. Блок оценки метеорологического состояния приземного слоя 12, получая от блока 5 данные о текущей погоде (скорость ветра, облачность и т.д.), определяют текущий класс устойчивости атмосферы и также передает его в блок 11.

Блок 11 выбирает одну из ИНС (17-19), соответствующую типу ЧС, и подает на ее входы числовые параметры возникшей ЧС, а также класс устойчивости атмосферы, полученный от блока 12 (если состояние атмосферы является фактором, определяющим масштаб ЧС, например, при ЧС с АХОВ).

ИНС (например, 17) решает интеллектуальную задачу классификации возникшей ЧС, относя ее к одному из предварительно определенных возможных классов масштаба ЧС. Определенный в результате решения этой задачи масштаб ЧС, а также ее тип, передаются в блоки 13, 14 и 15.

Блоки 13, 14, 15 ищут среди хранимых в их БД 20, 21, 22, соответственно, фрагментов НТД, сценариев информирования внешних ЛПР, подпрограмм, реализующих расчетные методики, те, что соответствуют полученным от блока 11 масштабу и типу ЧС, и передают их в блок 16.

Также блок 15 поиска подпрограмм, реализующих расчетные методики, получает от блока 12 результаты определения класса устойчивости атмосферы, которые используются в подпрограммах, реализующих расчетные методики,

связанные с распространением АХОВ в атмосфере.

Далее блок 16, получив на свои входы результаты работы блоков 13, 14, 15, формирует и выдает на АРМ ЛПР рекомендуемый набор действий, включающий в себя: фрагменты НТД, сценарий информирования внешних ЛПР и подпрограммы, реализующие расчетные методики.

ЛПР железнодорожной станции имеют возможность произвести действия с выданной на их АРМ информацией. В частности ознакомиться с фрагментами НТД, определяющими их действия при ЧС, произвести расчеты с помощью предложенных системой подпрограмм. Результаты расчетов ожидаемых зон воздействия поражающих факторов ЧС визуализируются на электронных схемах станций и картах прилегающих территорий с помощью блока ГИС 26.

ЛПР также имеет возможность ознакомиться с предложенным ему сценарием информирования внешних ЛПР о ЧС, включающим в себя рекомендуемый список информирования и шаблон сообщения. ЛПР при необходимости вносит необходимые изменения в предложенный СППУР сценарий информирования и нажатием «одной кнопки» запускает его выполнение. Далее сообщение автоматически преобразовывается в код ЧС блоком 24 и отправляется блоком 25 по *GSM*-каналу 4 на номера МТ абонентов, извлекаемые из БД 27, в соответствии со списком информирования.

Информация о ЧС, а также о действиях и результатах расчетов, произведенных с помощью СППУР, передается в блок 9. Указанный блок, преобразовывает информацию в машинно-ориентированные сообщения, совместимые с системами ОАО «РЖД», которым следует их передать. Сообщения предаются в другие системы ОАО «РЖД» по интерфейсу 3, что позволяет вписать СППУР в единое информационное пространство железнодорожной отрасли. Информация о ЧС также может быть передана на вышестоящую ступень принятия решений с использованием доступных каналов связи и передачи данных, включая телефонную и радиосвязь.

Отчет о результатах работы системы в режиме реагирования на ЧС сохраняется в БД 27 для ее дальнейшего анализа, определения правильности

работы системы и действий ЛПР.

В режим проверки (тестирования) стационарный элемент 1 переводится операторами по согласованию между собой со своих АРМ, путем активизации блока автоматизированной проверки (тестирования) знаний и умений 28.

Процесс проверки знаний пользователей блок 28 осуществляет, используя набор вопросов и вариантов ответов на них, хранимый в БД 27. Вопросы по проблемам ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте и варианты ответов на них выводятся на АРМ проходящих проверку пользователей.

По окончании проверки блок 28 сохраняет в 27 и выводит на АРМ пользователей набранные ими баллы и рекомендации по устранению выявленных пробелов в знаниях с указанием рекомендуемых источников информации с точностью до конкретных страниц и разделов.

Процесс проверки умений пользователей блок 28 осуществляет, имитируя поступление сообщения о возникновении ЧС в подсистему информирования от МТ ЛПР, находящегося на месте ЧС. ЛПР железнодорожной станции должны выполнить комплекс необходимых операций ТП принятия решений, соответствующих симитированной блоком проверки 28 ЧС, включая рассылку сообщений на МТ внешних ЛПР через подсистему информирования 8.

Рассылаемые в этом режиме *SMS* содержат код учебного (тестового) сообщения запускающий в получающем его МТ процесс обработки такого кода, включающий в себя отображение на экране МТ соответствующего сообщения с указанием того, что оно является учебным (тестовым).

Подобные проверки следует проводить регулярно (например, ежемесячно). Информация о прохождении проверок может использоваться руководством для принятия соответствующих решений по отношению к ЛПР. Наличие режима проверки (тестирования) позволяет контролировать и поддерживать высокий профессиональный уровень ЛПР, их осведомленность о возможностях системы и о вопросах ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте.

Описанное выше поведение системы в различных режимах функционирования концептуально описывает схемы работы СППУР, многие

второстепенные и очевидные подробности опущены в целях упрощения изложения материала.

4.3. Аспекты практической реализации элементов СППУР

Осветим в разделе некоторые аспекты практической реализации элементов системы, а также входящих в них блоков и модулей.

Как уже отмечалось, получение сообщений с параметрами ЧС от МТ ЛПР ступени принятия решений на месте ЧС обеспечивается при условии покрытия железных дорог сигналом цифровой мобильной связи *GSM-R* или другой подобной технологии, что ожидается не ранее, чем через 5 лет. Пока возможно функционирование стационарного элемента в режиме реагирования на ЧС, когда ЛПР на железнодорожной станции получает информацию с места ЧС по используемой сейчас аналоговой радиосвязи и вручную вводит числовые параметры ЧС в блок 5 (рис. 4.6) при помощи оконных форм, выводимых на экран АРМ.

Вместе с тем, оснащение ЛПР ступени принятия решений на месте ЧС описанными МТ обосновано уже сейчас с целью выполнения с их помощью вспомогательных функций поддержки принятия управленческих решений (таких, как экспресс-расчет воздействия поражающих факторов ЧС и пр.). МТ могут быть реализованы на основе планшетных компьютеров в ударопрочном пылевлагозащищенном корпусе, снабженных программным и аппаратными средствами, обеспечивающими выполнение требуемых функций. МТ должен иметь возможность получать и принимать сообщения по сетям *GSM/GSM-R*.

Блок приема и передачи сообщений по сетям *GSM/GSM-R* (25 на рис. 4.6) может быть реализован на основе беспроводного *GSM*-модема, представляющего собой приемопередатчик, использующий сети мобильной связи для приема и передачи *SMS*-сообщений [106]. *GSM*-модем должен быть оснащен *SIM*-картой, присваивающей определенный телефонный номер подсистеме информирования в стационарном элементе СППУР.

Учитывая ограниченное число подлежащих информированию внешних ЛПР второго уровня (30-50 абонентов), сети операторов мобильной связи могут обрабатывать отправляемые *SMS*-сообщения с кодом ЧС, как обычные сообщения. Такое решение позволяет создать подсистему информирования на базе уже существующих мобильных сетей и не требует наличия собственной инфраструктуры, что удешевляет и упрощает ее реализацию. При этом не исключен вариант, при котором операторы мобильной связи будут предупреждены о важности отправляемых сообщений и организуют их обработку в приоритетном порядке.

В качестве МТ для внешних ЛПР второго уровня целесообразно использование устройств под управлением операционной системы «*Android*» версии 4.0 и выше. Это утверждение было обосновано в разделе 3.3 с точки зрения концепции *BYOD*. МТ должны быть снабжены аппаратным и/или программным обеспечением информирования ЛПР, предложенным в главе 3.

Блок обучения и настройки ИНС (10 на рис. 4.6) должен реализовывать функциональность устройства обучения и/или его программной версии, описанных в главе 2, и осуществляющих обучение ИНС по авторскому методу. Обучение ИНС может проводиться на месте установки стационарного элемента СППУР либо при непосредственном участии опытного ЛПР (эксперта), либо путем загрузки массива обучающих пар, полученных ранее.

ИНС, осуществляющие классификацию ЧС разного типа по масштабу (17-19 на рис. 4.6), могут быть реализованы аппаратно или программно. В последнем случае предлагается использование *DLL*-модулей подключаемых библиотек, содержащих ИНС требуемой структуры.

В блоке оценки метеорологического состояния приземного слоя атмосферы (12 на рис. 4.6) также содержится *DLL*-модуль ИНС, обученной для определения класса устойчивости приземного слоя атмосферы, как это было раскрыто в разделе 2.5 диссертационной работы.

БД, хранимые в стационарном элементе СППУР (20-22, 27 на рис. 4.6), могут управляться с помощью одной из стандартных СУБД, применяемых на

железнодорожных станциях. СУБД должна позволять обращаться к хранимым в БД данным с помощью *SQL*-запросов.

Блоки поиска 13-15 (рис. 4.6) осуществляют поиск в хранимых БД, соответственно: релевантных фрагментов НТД, сценария информирования внешних ЛПР и подпрограмм, реализующих расчетные методики.

Релевантные фрагменты НТД могут содержать предварительно подготовленные выдержки из ТРА станций, ситуационные планы реагирования на ЧС соответствующего типа и масштаба, тексты аварийных карточек ОГ и др.

Сценарии информирования внешних ЛПР о ЧС содержат рекомендуемый список лиц, подлежащих информированию и шаблоны типовых сообщений.

Подпрограммы, хранимые в БД блока 15 (рис. 4.6), могут реализовывать различные формализованные расчетные методики, в частности, предназначенные для расчета зон воздействия поражающих факторов при ЧС, связанных с выбросом АХОВ [43-46], взрывом ВВ [107], а также для определения ожидаемого количества пострадавших (погибших) и материального ущерба [108].

Указанная информация должна быть сгруппирована в БД 20-22 в соответствии с возможными масштабами и типами ЧС так, чтобы обеспечивать ее быстрый поиск и обработку. Подобный подход основан на известном методе «таблиц решений», описанном в разделе 1.4.

На основе полученных результатов блок 16 (на рис. 4.6) осуществляет вывод рекомендуемого набора действий на АРМ ЛПР линейного пункта с помощью набора экранных форм, включая визуализацию информации на схеме станции и карте прилегающих территорий с помощью блока ГИС 26.

В качестве основной ГИС можно предложить ГИС «*ObjectLand*», так как она уже применяется в системах, внедренных на железнодорожном транспорте [109]. В частности, в АС ТРА, СКМ ОГ. Выбор обусловлен наличием набора инструментов обработки геокодированных данных, совместимостью с другими системами, модульностью, развитой сетью техподдержки и т.д.

В блоке 28 (рис. 4.6) для проверки знаний пользователей может

использоваться автоматизированная программа проверки знаний, позволяющая выводить пользователям вопросы и варианты ответов на них, считывать ответы, вычислять набранные баллы, а также давать рекомендации по устранению пробелов в знаниях с указанием источников информации.

Прототип такой программы был создан автором и защищен свидетельством о государственной регистрации №2012615567 от 20.06.2012 г. под названием «Программа проверки знаний «*University-Lyceum*» (UL)». Копия свидетельства приведена в приложении А. Фрагмент оконного интерфейса программы «UL» показан на рис. 4.7.

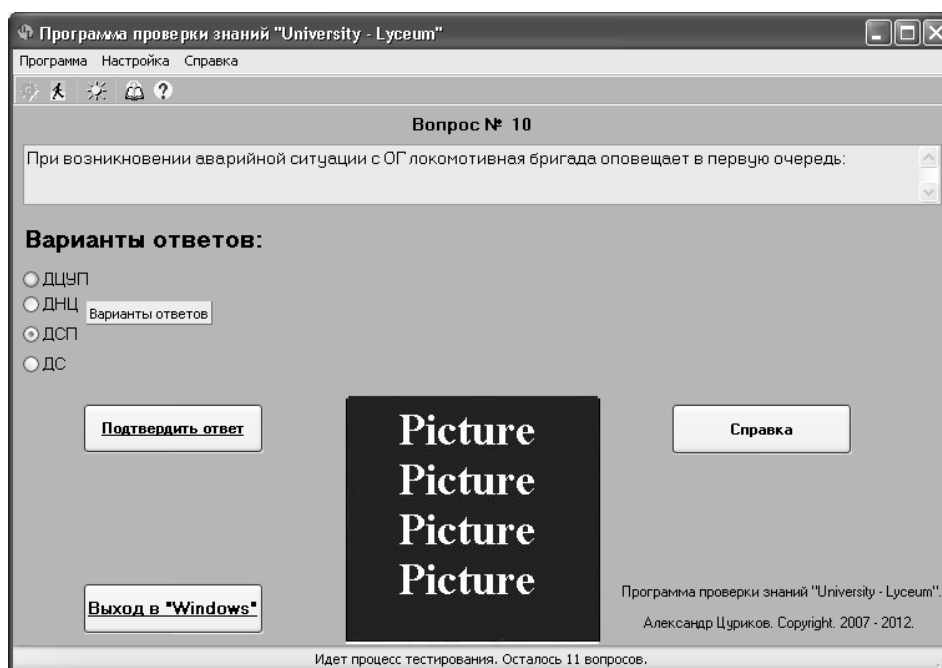


Рис. 4.7. Фрагмент оконного интерфейса программы «*University-Lyceum*» (UL)

Программа «UL», снабженная соответствующей базой вопросов и ответов, была успешно применена в учебном процессе РГУПС для проверки знаний обучаемых лиц [110].

Блок общения 9 (рис. 4.6) стационарного элемента СППУР должен преобразовывать информацию о ЧС, действиях и результатах расчетов, произведенных с помощью СППУР, в машинно-ориентированные сообщения, совместимые с системами ОАО «РЖД», которым следует их передать по интерфейсу 3. Формат сообщений согласовывается с форматом систем, с

которыми взаимодействует стационарный элемент СППУР.

Наличие блоков общения 5 и 9 позволяет вписать СППУР в единое информационное пространство железнодорожной отрасли в рамках создаваемой интегрированной системы управления ИСУЖТ. Интеграция описываемой СППУР с функционирующими и разрабатываемыми перспективными системами компании ОАО «РЖД» открывает возможность получать основную часть необходимых данных в автоматическом режиме, что освобождает ЛПР от ручного ввода большого числа данных. Это позволит сэкономить время, вследствие чего повысится актуальность выработанных рекомендаций и расчетов при ЧС, когда каждая секунда на счету.

Интеграция СППУР в рамках ИСУЖТ требует тесного сотрудничества с разработчиками систем ОАО «РЖД», большинство из которых создается при участии ОАО «НИИАС».

В работе [111] автором были проанализированы информационные потоки, циркулирующие в системах ОАО «РЖД», и представляющие интерес для описываемой в диссертационном исследовании СППУР. В результате, указанные потоки удалось условно разделить на семь основных групп, перечисленных ниже.

Группа 1 (информация о грузе): наименование груза, класс опасности, масса груза, номер аварийной карточки и т.д.

Группа 2 (информация о подвижном составе): номер вагона, тип вагона или цистерны, информация о собственнике, информация о грузополучателе, грузоотправителе и т.д.

Группа 3 (информация о месте ЧС): номер пути или перегона, на каком километре произошло происшествие (если ЧС произошла не на станции), рельеф прилегающей местности, профиль пути, схема станции (если ЧС произошла на станции), расположение близлежащих населенных пунктов, характеристики подстилающей поверхности, возможности подхода аварийно-восстановительных сил к месту ЧС и т.д.

Группа 4 (информация о метеоусловиях): скорость ветра, направление

ветра, уровень облачности, время суток, температура воздуха, наличие снежного покрова и осадков, атмосферное давление и т.д.

Группа 5 (собственно информация о ЧС): тип происшествия (возгорание, взрыв, пролив (просып) ОГ и т.д.), количество участвующих единиц подвижного состава, прошедшее с начала ЧС время, степень повреждения подвижного состава, интенсивность течи или возгорания, наличие пострадавших и т.д.

Группа 6 (информация о силах и средствах): места дислокации и готовность пожарных и восстановительных поездов, их оснащенность техническими средствами, расположение ближайших медицинских учреждений их вместимость (койко-мест), расположение ближайших пожарных частей, аварийно-восстановительных формирований (на станциях, на предприятиях), их оснащенность техническими средствами и т.д.

Группа 7 (информация об информировании): кого, каким образом и при каких типах ЧС следует информировать, номера телефонов, адреса организаций, должности подлежащих информированию лиц и т.д.

Основные источники, из которых может быть получена указанная информация, относящаяся к каждой из семи перечисленных условных групп, перечислены в таблице 4.1.

В таблице 4.1 указаны названия разных систем, внедрявшихся ранее либо планируемых к внедрению на объектах «РЖД». Интеграция предложенной в диссертации СППУР с информационными потоками указанных систем, либо с их аналогами, выполняющими схожие функции, возможна в рамках развития проекта создания и внедрения ИСУЖТ в ОАО «РЖД».

При этом результаты работы СППУР, полученные на железнодорожных станциях возникновения ЧС, могут пересылаться для обработки на более высокую ступень в виде машинно-ориентированных сообщений определенного формата. В том числе и в СЦ РЖД (для поддержки принятия решений на сетевой ступени управления железнодорожным транспортом).

Анализ таблицы 4.1 также показывает, что сегодня практически

отсутствуют автоматизированные системы, обрабатывающие информацию, относящуюся к группе 5 (собственно информация о ЧС). Единственным способом получения достоверной информации этой группы являются устные доклады от ЛПР, находящихся на месте возникновения ЧС. Поэтому предлагаемое оснащение указанных ЛПР мобильными терминалами (МТ), позволяющими им вводить и обрабатывать информацию о ЧС, а также автоматизировано передавать ее на верхнюю ступень принятия решений, является весьма актуальной задачей.

Таблица 4.1. Группы информационных потоков систем ОАО «РЖД»

Номер группы	Наименование группы	Возможные источники информации
Группа 1	Информация о грузе	СМОГ, ЭТРАН, ГИД-Урал, система «Опасные грузы», сотрудники СТЦ
Группа 2	Информация о подвижном составе	СМОГ, ЭТРАН, ГИД-Урал, ОСКАР, ДИСПАРК, СИРИУС, КАСАНТ
Группа 3	Информация о месте ЧС	Доклады от ЛПР с места ЧС, АС ТРА (с приложениями к ТРА станций), ГИД-Урал, ГИС РЖД
Группа 4	Информация о метеоусловиях	Метеосводки, метеостанции на объектах ОАО «РЖД» и прилегающих территориях
Группа 5	Собственно информация о ЧС	Доклады от ЛПР с места ЧС
Группа 6	Информация о силах и средствах	АС ТРА (с приложениями к ТРА станций), ситуационные планы реагирования на ЧС, АСУ «Пожарная безопасность»
Группа 7	Информация об информировании	АС ТРА (с приложениями к ТРА станций), система «Градиент», местные инструкции по станциям

С целью выявления достоинств предложенной в диссертации СППУР, проведем сравнение ее функциональных возможностей с возможностями систем, функционирующих на железнодорожном транспорте. Сравнение проведем в отношении подсистемы информирования ЛПР второго уровня, входящей в СППУР.

В таблице 4.2 проведено сравнение функциональных возможностей

предложенной СППУР с применяемой на железнодорожном транспорте системой «Градиент» и рассылкой «обычных» SMS-сообщений, используемой, в частности, в СЦ РЖД.

Таблица 4.2. Сравнение функциональных возможностей систем оповещения

Параметр	Система «Градиент»	SMS-рассылка	Предлагаемая СППУР
Тип доводимого до абонента сообщения	Речевой	Текстовый	Текстовый, речевой, графический
Длина доводимого до абонента сообщения	Ограничена, так как прослушивание длительного сообщения займет много времени	До 70 знаков (при использовании кириллицы)	До 750 символов (в среднем 472,5 символа) + графическая и речевая информация
Сопровождение сообщения графической информацией (например, схемой станции с указанием места ЧС)	Нет	Нет	Да
Звуковое сопровождение поступления сообщения	Стандартная мелодия, установленная абонентом для входящих вызовов	Стандартная мелодия, установленная абонентом для входящих SMS-сообщений	Специальная мелодия для привлечения внимания воспроизводится на высокой громкости
Получение сообщения при низком уровне сигнала	Затруднено	Да	Да
Защита от действий злоумышленников	Есть	Практически нет	Есть
Создание базы данных абонентов, подлежащих информированию	Да	Да	Да
Тестирование системы с возможностью самодиагностики	Да	Практически нет	Да

Анализ таблицы 4.2 позволяет сделать вывод о том, что предлагаемая СППУР в отношении информирования ЛПР обладает рядом преимуществ перед используемыми в ОАО «РЖД» системами.

Предложенная система позволяет вывести ЛПР информацию в текстовом, речевом и графическом виде (например, показать схему станции с обозначенным на ней местом возникновения ЧС). *SMS*-сообщение будет гарантировано доставлено при появлении абонента в сети даже при низком уровне сигнала, в то время как прохождение голосового вызова до МТ может быть затруднено, сопровождаться помехами.

При этом длину выводимого ЛПР текстового сообщения удастся значительно увеличить по сравнению с «обычными» *SMS*-сообщениями без необходимости отправки нескольких сообщений одному абоненту. Также достигается запуск в МТ «тревожной» мелодии для привлечения внимания абонента на высокой громкости вне зависимости от того, какая мелодия установлена в МТ абонента или перевел ли он свой МТ в беззвучный режим. Система обладает элементами защиты от несанкционированного доступа злоумышленников к передаваемой информации.

4.4. Выводы по главе 4

В итоге, сформулируем выводы по четвертой главе диссертационной работы:

- создана концептуальная модель СППУР с использованием диаграмм прецедентов (*use case*) унифицированного языка моделирования *UML*, описывающая с достаточной степенью детализации функционирование основных элементов системы;

- рассмотрены режимы работы СППУР, концептуально описано поведение системы в целом и ее отдельных частей в различных режимах, синтезирована блочная структура стационарного элемента СППУР, обеспечивающая выполнение требуемых функциональных возможностей;

- описана схема взаимодействия и физического развертывания (*deployment*) основных элементов системы, а также возможная схема подключения АРМ пользователей и систем ОАО «РЖД» к стационарному элементу СППУР, устанавливаемому на железнодорожной станции массового проследования и обработки ОГ;

- освещены вопросы интеграции СППУР с системами ОАО «РЖД» в рамках ИСУЖТ, проанализированы информационные потоки систем железнодорожного транспорта, представляющие интерес для СППУР, потоки условно разделены на несколько основных групп;

- изучены отдельные аспекты реализации элементов системы, показано, где и как может быть использовано программное и аппаратное обеспечение, описанное в предыдущих разделах диссертации, а также существующие и разрабатываемые программные и аппаратные средства;

- проведено сравнение возможностей СППУР с возможностями систем ОАО «РЖД» на примере подсистемы информирования, входящей в СППУР, выявлены некоторые преимущества СППУР перед системами, используемыми на железнодорожном транспорте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, соответствуют поставленной цели и задачам исследования:

1. По задаче разработки подхода к поддержке принятия решений ЛПР:
 - рассмотрены особенности и ступени ТП принятия решений в системе управления железнодорожным транспортом;
 - разработан подход к поддержке принятия решений ЛПР при возникновении ЧС, использующий автоматизированное решение интеллектуальной задачи классификации ЧС по масштабу с помощью ИНС;
 - разработан оригинальный эвристический метод и алгоритмы обучения ИНС для решения задач классификации на основе знаний экспертов;
 - синтезирована структура реализующего устройства обучения ИНС.
2. По задаче автоматизации информирования ЛПР о ЧС:
 - предложено для автоматизированного информирования о ЧС использовать мобильную связь *GSM/GSM-R* и короткие сообщения (*SMS*);
 - синтезирована структура устройства информирования, интегрируемого в МТ соответствующих ЛПР, осуществляющего обработку входящих *SMS*;
 - использовано «словесное кодирование» для сообщений о ЧС, в результате средняя длина текстового сообщения увеличена в 6,75 раз;
 - предложено внедрить в ОАО «РЖД» концепцию *BYOD*, в качестве целевой платформы выбрана «*Android*», рассмотрены вопросы безопасности.
3. По задаче обеспечения доступа к современным информационным технологиям ЛПР непосредственно на месте ЧС:
 - указано, что *SMS* с кодами могут использоваться и для получения данных от ЛПР с места ЧС, но при покрытии дорог сигналом *GSM-R*;
 - предложено обеспечить ЛПР на месте ЧС МТ стандарта *GSM/GSM-R*, которые помимо передачи информации о ЧС, также позволяют выполнять вспомогательные функции поддержки принятия решений ЛПР на месте ЧС;

- предложено оснастить ЛПР ступени принятия решений на месте ЧС описанными МТ уже сейчас с целью выполнения вспомогательных функций.

4. По задачам связанным с практической реализацией СППУР:

- разработана схема развертывания СППУР, соответствующая иерархической структуре управления, и содержащая три основных элемента;

- созданы концептуальные модели трех основных элементов системы с использованием *UML*-диаграмм;

- синтезирована структура стационарного элемента СППУР, обеспечивающая выполнение требуемых функций;

- рассмотрены вопросы интеграции СППУР с системами ОАО «РЖД» в рамках ИСУЖТ, проанализированы информационные потоки систем, проведено сравнение возможностей СППУР и систем ОАО «РЖД».

5. По задаче разработки и исследования прототипов обеспечения, реализующего предложенные методы и алгоритмы:

- создана программа, реализующая метод и алгоритмы обучения ИНС «*ANN AE*», ИНС смоделирована программно в виде *DLL*-библиотеки;

- создано мобильное приложение «*RSA*» являющееся прототипом программно реализующим устройство и метод информирования ЛПР;

- изучены аспекты реализации элементов системы, показано, где и как может быть использовано существующее и разрабатываемое обеспечение.

Работоспособность результатов исследования подтверждена программно. Основные результаты получены с учетом особенностей изучаемой области и могут быть применены в интересах ОАО «РЖД» при решении задач, связанных с разработкой, созданием и интеграцией СППУР в рамках системы управления ИСУЖТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якунин В.И. Приветствие президента ОАО «РЖД» // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ-2013): Вторая научно-техническая конференция (21–22 октября 2013 г., Москва, Россия). – ОАО «НИИАС». – 2013 г. – С. 3.
2. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
3. Информационно-аналитический сборник по проблемам нормативного, правового и нормативно-методического обеспечения создания системы защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, информирования и оповещения населения на транспорте / Науч. редактор В.П. Сломьянский, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. – 93 с.
4. Bradbury N. Face the facts on transport safety // Railwatch. 2002. № 9. p. 6-7.
5. Лисенков В.М. Цели, принципы и методы технического регулирования на железнодорожном транспорте // Транспорт российской федерации. – Санкт-Петербург, 2009. – № 5(24). – С. 42-45.
6. Мартынюк И.В. Повышение безопасности железнодорожных перевозок опасных грузов с учетом взаимодействия с другими видами транспорта и окружающей средой: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.22.01. – Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2007 г. – 20 с.
7. Шойгу С.К. Учебник спасателя / С.К. Шойгу, М.И. Фалеев, Г.Н. Кириллов и др. Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. – 2-е изд. – Краснодар: Советская Кубань, 2002. – 528 с.
8. ГОСТ Р 22.2.08-96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность движения поездов. Термины и определения.
9. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
10. Воробьев Ю.Л. Постиндустриальные риски России. / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов // Юбилейный сборник статей «Российскому

научному обществу анализа риска 10 лет». – Москва, 2013. Т. 1. – С. 140-155.

11. Оганьян Э.С. Условия безопасной эксплуатации литых деталей тележек грузовых вагонов / Э.С. Оганьян, Н.Ф. Красюков // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». – Москва, 2013. – № 3. – С. 13-19.

12. ЧП в Белой Калитве [Электронный ресурс]. URL: <http://www.interfax.ru/russia/305855> (дата обращения: 25.01.2014).

13. Организация и управление движением на железнодорожном транспорте: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.А.Кудрявцев, В.И.Бадах, К.А.Белов и др.; под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.

14. Обеспечение безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом / Под ред. А.В. Кириченко. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 160 с.

15. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка.

16. Цуриков А.Н. Обзор проблем транспортировки химически опасных грузов железнодорожным транспортом // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. – Москва, 2013. – № 1. – С. 123-125.

17. Регламент действий работников хозяйства перевозок, связанных с движением поездов в аварийных и нестандартных ситуациях. Методические указания, утверждённые вице-президентом ОАО «РЖД» В.Г. Лемешко 14.12.2007.

18. Технология ведения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций / Л.Г. Одинцов, С.П. Чумак, А.Ю. Виноградов, Ю.П. Потапенко, Г.Н. Медведев – М.: МЧС России. ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 286 с.

19. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

20. Чернов А.В. Способ снижения информационной нагрузки диспетчерского персонала в условиях ограниченного времени / А.В. Чернов,

М.А. Бутакова // Информационные технологии на железнодорожном транспорте «ИНФОТРАНС-2001»: сб. докладов 6-й междунар. науч.-практ. конф., 12-14 окт. 2001 г., Сочи. – С. 326-328.

21. Качанов С.А. Информатизационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях: Автоматизированная информационно-управляющая система Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: вчера, сегодня, завтра. Монография / С.А. Качанов, С.Н. Нехорошев, А.П. Попов – М.: МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2011. – 400 с.

22. ЦМ-407. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам, утвержденные МПС РФ 25.11.96.

23. Приказ Минтранса РФ от 26 июня 2008 г. № 94 «Об утверждении Порядка действий участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

24. Инструктивные указания по организации аварийно-восстановительных работ на железных дорогах ОАО «РЖД». Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 08.06.2006 г. №1153р.

25. Регламент действий работников ОАО «РЖД» при вынужденной остановке поезда на перегоне и оказании ему помощи вспомогательным локомотивом, введенный в действие распоряжением ОАО РЖД от 16.03.10 г. № 512р.

26. Типовая инструкция «О порядке действия дежурного по станции при возникновении пожаров» № 5452, утв. 31 марта 2009 г.

27. Перевозка опасных грузов: неделимая зона ответственности // Промышленный транспорт XXI век. – 2012. – № 2. – С. 11-13.

28. Акимов В.А., Соколов Ю.И. Риски транспортировки опасных грузов. Монография / МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 276 с.

29. Глебов В.Ю. Основы совершенствования единой государственной

системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / В.Ю. Глебов, Р.Н. Галкин, А.В. Костров и др. – М.: МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 434 с.

30. Абрамов А.А. Современные системы автоматизированного управления перевозками (функциональные возможности АРМ): уч. пос. / А.А. Абрамов, Г.М. Биленко / – М.: РГОТУПС, 2002. – 136 с.

31. Левин Д.Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом. Учебное пособие. – М.: Маршрут, 2005. – 760 с.

32. Розенберг И.Н. Новая технология видения техническо-распорядительных актов станций. Учебное пособие для ВУЗов ж.-д. транспорта / И.Н. Розенберг, С.В. Духин, А.М. Замышляев, Д.В. Цуцков; Под. ред. И.Н. Розенберга. – М.: Маршрут, 2005. – 304 с.

33. Андросюк В.Н., Рудановский В.М. Опасные грузы под контролем «СМОГ» // Евразия Вести. – № IV. – Апрель, 2003. – С. 5.

34. Христолюбов А.В., Дубышкин И.В. Применение информационных технологий при перевозке опасных грузов // Бюллетень ОСЖД. – № 1. – 2010. – С. 2-7.

35. Гребенюк Л.А. Совершенствование управления безопасностью перевозок опасных грузов с использованием информационных технологий: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.22.01. – Новосибирск: СГУПС. – 2006 г. – 24 с.

36. Веревкина О.И., Мартынюк И.В., Попов О.Н., Погребной М.Ю. О возможностях ситуационно-аналитического комплекса компьютерного моделирования последствий аварийных разливов нефтеналивных грузов (СКМОГ) на припортовых станциях Северо-Кавказской железной дороги с использованием ГИС-технологий // Безопасность движения поездов: тр. IX науч.-практ. конф., 30-31 октября 2008 г., г. Москва / – М.: МИИТ, 2008.

37. Ситуационно-аналитический комплекс компьютерного моделирования транспортных происшествий при перевозках опасных грузов на ЖД с использованием ГИС [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.rgups.ru/pages.php?id=404> (дата обращения: 11.02.2014).

38. Многоканальная автоматизированная система оповещения «Градиент-128 ОП» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ooo-pribor.ru/descriptions/32943/> (дата обращения: 12.03.2014).

39. Цуриков А.Н. Реализация на платформе «Android» мобильного приложения для адресного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 1 (53). – С. 81-88.

40. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: монография / под общ. ред. П.А. Попова, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – 2009. – 272 с.

41. Цуриков А.Н. Перспективы применения технологии SMS-сообщений для адресного оповещения о чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2013. – № 1. – С. 252-255.

42. Сапунов Н.А. Действия оперативного персонала в нестандартных ситуациях (при приеме и отправлении поездов в случаях неисправностей устройств): практическое пособие. – СПб.: ПГУПС, 2000 г. – 64 с.

43. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Дата введения 01.07.1990 г.

44. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и аварийно химически опасными веществами на объектах железнодорожного транспорта. Введено в действие Указанием МПС России от 24.11.97 г. № Г-1362у.

45. Методика оценки последствий химических аварий «Токси», Редакция 2.2. Утверждена директором НТЦ «Промышленная безопасность» В.И. Сидоровым.

46. РД-03-26-2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Методика «Токси», Редакция 3.1. Дата

введения 25.01.2008 г.

47. Цуриков А.Н. Принципы построения интеллектуальной советующей системы управления и оповещения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте / А.Н. Цуриков, А.Н. Гуда, О.И. Веревкина, Н.К. Домницкий // Проблемы анализа риска. – 2013. Т. 10. – № 5. – С. 56-65.

48. Callan R. The Essence of Neural Networks – Harlow, England: Prentice Hall Europe. – 1999. – 248 p.

49. Кульба В.В. Анализ эффективности использования сценарного подхода в процессах управления ликвидацией последствий ЧС на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта / В.В. Кульба, А.Б. Шелков, И.В. Чернов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ-2013): Вторая научно-техническая конференция (21–22 октября 2013 г., Москва, Россия). ОАО «НИИАС». – 2013 г. – С. 180-183.

50. Проценко А.Н. Об основных принципах и механизмах управления региональной безопасностью // Юбилейный сборник статей «Российскому научному обществу анализа риска 10 лет». – Москва, 2013. Т. 1. – С. 185-221.

51. Арлазаров В.Л. Автоматизированная система поддержки принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / В.Л. Арлазаров, А.Н. Романов, Д.С. Гуревич, А.В. Соловьев // Патент на полезную модель РФ, RU 57481 U1, опубликовано 10.10.2006 г.

52. Кудряшов В.А., Моченов А.Д. Транспортная связь: Учебн. пособ. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.А. Кудряшова. – М.: Маршрут, 2005. – 294 с.

53. Цуриков А.Н. Совершенствование технологии адресного оповещения о чрезвычайной ситуации при помощи SMS-сообщений // Научно-технический вестник Поволжья. – Казань, 2013. – № 1. – С. 287-291.

54. Zubac D. US to launch new disaster SMS alert service [Electronic resource]. URL: <http://www.telesignmobile.com/Blog/Entry/110-us-to-launch-new-disaster-sms-alert-service.pmx> (date of access: 16.03.2014).

55. Фатхутдинов Р. Родина слышит, Родина знает. В республике Татарстан заработала принципиально новая система оповещения населения // Вестник МЧС России. – Москва, 2013. – № 3 (61). – С. 22-25.

56. Wienand Neil Heinrich. Information broadcasting system // USA patent, US 2010/0202337 A1, publication date 12.08.2010 г.

57. Чачин П. Придет ли GSM-R на железные дороги России? [Электр. ресурс]. URL: <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=73554> (дата обращения: 17.03.2014).

58. Tsurikov A.N. Application of artificial neural network for identification of stability of bottom layer of atmosphere // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 2nd International Academic Conference. March 8-10, 2013. – Publishing House «Science and Innovation Center». – St. Louis, Missouri, USA, 2013. – P. 226-231.

59. Локтев Е.М. Прогнозирование последствий аварий с выбросом аварийно химически опасных веществ: Учебно-методич. пособие для ВУЗов / Е.М. Локтев, М.А. Елагина. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. – 30 с.

60. Колодкин, В.М. Количественная оценка риска химических аварий / В.М. Колодкин, А.В. Мурин, А.К. Петров, В.Г. Горский / Под ред. Колодкина В.М. – Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2001. – 228 с.

61. Асанов А.А. Методы извлечения и анализа экспертных знаний: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.13.10. – Москва: Институт системного анализа РАН. – 2002 г.

62. Васильев С.Н. Интеллектуальное управление динамическими системами / С.Н. Васильев, А.К. Жерлов, Е.А. Федосов, Б.Е. Федунцов – М.: Физико-математическая литература, 2000. – 352 с.

63. Кочин Д.Ю. Построение баз экспертных знаний для интеллектуальных обучающих систем: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук по спец-ти 05.13.01. – Москва: Институт системного анализа РАН. – 2006 г. – 24 с.

64. Аверкин А. Н. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А.Н.

Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Пospelов. – М.: Радио и связь, 1992. – 256 с.

65. Цуриков А.Н. Принципы построения интеллектуальной советующей системы управления и оповещения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте / А.Н. Цуриков, Н.К. Домницкий, А.Н. Гуда, О.И. Веревкина // Технологии гражданской безопасности. – Москва, 2013. – Т. 10. № 3 (37). – С. 74-78.

66. Цуриков А.Н. Способ обучения искусственной нейронной сети на основе знаний эксперта // Инновации в науке. – Новосибирск, 2012. – № 13-1. – С. 6-21.

67. Воропай Н.И. Предупреждение и ликвидация аварийных режимов электроэнергетических систем на основе новых методов прогнозирования и управления / Н.И. Воропай, В.Г. Курбацкий, Н.В. Томин // Вестник РФФИ. – Москва, 2012. – №4 (76). – С. 51-59.

68. Варшанина Т.П. Способ прогнозирования времени наступления и уровня паводков / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко, В.Н. Коробков // Патент на изобретение РФ, RU 2480825 С2, опубликовано 27.04.2013 г.

69. Михайлова П.Г. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению безопасностью химических производств: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.13.01. – Москва: РХТУ им Д.И. Менделеева. – 2006 г. – 18 с.

70. Пучков Е.В. Разработка нейросетевой системы управления технологическими процессами на сортировочных горках: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.13.06. – Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2011 г. – 19 с.

71. Лиля В.Б. Развитие методов принятия решений в автоматизированных системах мониторинга и диагностики объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.13.06. – Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2013 г. – 24 с.

72. Криволапов С.В. Автоматизация управления движением поездов на основе интеллектуальных моделей процессов принятия решений поездным диспетчером: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.13.06. – Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2013 г. – 24 с.

73. Коломоец О.А. Повышение энергетической эффективности нетяговых железнодорожных потребителей за счет совершенствования методов анализа и определения расхода электрической энергии: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.22.07. – Омск: ОмГУПС. – 2013 г. – 20 с.

74. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей: Кн. 1. Нейрокомпьютеры и их применение. Учеб. пособие для ВУЗов / Общ. ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 216 с.

75. Haykin S. Neural networks: A comprehensive foundation, 2nd edition. – Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999. – 842 p.

76. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского / Д. Рутковская, М Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

77. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. / В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.

78. Turing A.M. Computing machinery and intelligence // Mind, vol. LIX, no. 236, October 1950, – P. 433-460.

79. Цуриков А.Н. Способ обучения искусственной нейронной сети // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2012. – № 4 (48). – С. 91-95.

80. Цуриков А.Н. Способ обучения искусственной нейронной сети // Патент на изобретение РФ, RU 2504006 С1, опубликовано 10.01.2014 г.

81. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / ред. Поспелов Д.А. – М: Наука, 1991. – С. 192.

82. Chernoff H. Using faces to represent points in K-dimensional space

graphically // Journal of the American Statistical Association, 1973. – vol. 68, num. 342. – P. 361-368.

83. Principe J.C. Neural and Adaptive Systems: Fundamentals through Simulations / J.C. Principe, N.R. Euliano, W.C. Lefebvre. – John Wiley and Sons, 2000. – 672 p.

84. Вербализация нейронных сетей [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Вербализация_нейронных_сетей (дата обращения: 07.04.2014).

85. Цуриков А.Н. Программа формирования обучающих векторов для искусственной нейронной сети на основе знаний эксперта «ANN Atmosphere Expert» (ANN AE) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013660803, дата регистрации 19.11.2013 г.

86. Цуриков А.Н. Применение программ-нейропакетов для решения практических задач // Инженер. – 2012. – № 5. – С. 6-8.

87. Модели нейронных сетей для реализации отображений [Электр. рес.]. URL: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/kita/garipov/library/art03.htm> (дата обращения: 30.05.2014).

88. Вишневский И. Чрезвычайная оперативность. Интернет повысит надежность перевозки опасных грузов по железной дороге // Гудок. – 12.03.2012 г. – № 39 (25000).

89. Погодин А.Е. Интеллектуальные транспортные системы на железнодорожном транспорте // Евразия Вести. – IX 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?page=1&publid=2012-09a20> (дата обращения: 01.06.2014).

90. В 2015 году вся территория Ростовской области будет покрыта качественной мобильной связью [Электронный ресурс]. URL: <http://dontr.ru/vesti/obshchestvo/3718434-v-2015-godu-vsya-territoriya-rostovskoj-oblasti-budet-pokryta-kachestvennoj-mobilnoj-svyazu> (дата обрац.: 02.06.2014).

91. Роскомнадзор подготовил карту покрытия мобильной связью магистральных автодорог на территории России [Электронный ресурс]. URL:

http://minsvyaz.ru/ru/news/index.php?id_4=42884 (дата обращения: 02.06.2014).

92. Цуриков А.Н., Домницкий Н.К. Устройство обработки входящих SMS-оповещений о возникновении чрезвычайной ситуации с возможностью отбора актуальных сообщений // Патент на полезную модель РФ, RU 137441 U1, опубликовано 10.02.2014 г.

93. Цуриков А.Н. Устройство адресного оповещения о чрезвычайной ситуации с использованием SMS-сообщений // Технические науки – от теории к практике. – Новосибирск, 2012. – № 15. – С. 157-161.

94. Максимов А. BYOD – глобальная растущая тенденция [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pcweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=143991> (дата обращения: 05.06.2014).

95. Лучко А. Соотношение сил на рынке мобильных операционных систем изменилось [Электр. рес.]. URL: <http://www.lookatme.ru/mag/industry/industry-news/197645-strategy-analytics> (дата обращения: 25.11.2013).

96. Бекман И.Н. Информатика: Курс лекций. Лекция 12. Кодирование информации. – Москва: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2009 г. [Электр. рес.]. URL: <http://profbeckman.narod.ru/InformLeks.htm> (дата обращ.: 07.06.2014).

97. Карпухин С. Сколько слов в русском языке? [Электронный ресурс]. URL: <http://nauka.relis.ru/27/0411/27411048.htm> (дата обращения: 08.06.2014).

98. В HTC One Max будет сканер отпечатков пальцев // Computerworld Россия. Международный компьютерный еженедельник – Москва, 22 октября 2013. – № 26(811). – С. 23.

99. Цуриков А.Н. Мобильное приложение для адресного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте «Railway SMS Smart Alert» (RSA) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611447, дата рег-ии 3.02.2014 г.

100. Цуриков А.Н. Концепция Android-приложения для адресного оповещения о возникновении ЧС на железнодорожном транспорте / А.Н. Цуриков // Сборник трудов VII Всероссийской научной школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов «Семантические технологии – 2013.

Семантическая интерпретация и интеллектуальная обработка данных и ее приложение в информационном поиске». – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – С. 160-164.

101. Дейтел П. Android для программистов: создаем приложения / П. Дейтел, Х. Дейтел, Э. Дейтел, М. Моргано / – СПб.: Питер, 2013. – 560 с.

102. Концептуальная модель [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Концептуальная_модель (дата обращ.: 03.07.2014).

103. Фаулер М. UML. Основы / М. Фаулер, К. Скотт / – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2002. – 192 с.

104. Тарасов Е.Б. Математическое и программное обеспечение многоролевых человеко-машинных интерфейсов для ситуационного управления сложными организационно-техническими объектами: на примере грузовой железнодорожной станции: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук по спец-ти 05.13.11. – Новосибирск: Новосиб. гос. техн. ун-т. – 2010 г. – 23 с.

105. Цуриков А.Н. Интеллектуальная советующая система управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2013. – № 3. – С. 70-76.

106. Беспроводной модем [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/GSM-модем> (дата обращения: 04.07.2014).

107. РБ Г-05-039-96 Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия. Утверждено постановлением Госатомнадзора России 31 декабря 1996 г. № 100. Введено в действие 01 августа 1997 г.

108. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера. Утверждено первым заместителем министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 01.09.2007 г., № 1-4-60-9-9.

109. Поплавский А.А. Геоинформационные базы данных в информационном обеспечении центров управления перевозками МПС / А.А. Поплавский, И.Н. Розенберг // Информационные технологии на железнодорожном транспорте «ИНФОТРАНС-2001»: сб. докладов 6-й междунар. науч.-практ. конф., 12-14 окт. 2001 г., Сочи. – С. 170-176.

110. Цуриков А.Н. Автоматизация контроля и оценки знаний студентов с помощью программы «UNIVERSITY-LYCEUM» // Труды 10-й Юбилейной международной научно-практической Интернет-конференции «Преподаватель высшей школы в XXI веке». Сборник 10. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2013. – С. 429-432.

111. Цуриков А.Н. Перспектива интеграции интеллектуальной советующей системы управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте с автоматизированными системами компании ОАО «РЖД» / А.Н. Цуриков, О.И. Веревкина // Труды Международной научно-практич. конференции «Транспорт-2013». Часть 2. Технические науки. – Ростов-на-Дону: РГУПС, апрель 2013. – С. 96-98.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Патенты и свидетельства, полученные по результатам исследования

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2504006

СПОСОБ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Патентообладатель(ли): *Цуриков Александр Николаевич (RU)*Автор(ы): *Цуриков Александр Николаевич (RU)*

Заявка № 2012123310

Приоритет изобретения 05 июня 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 января 2014 г.

Срок действия патента истекает 05 июня 2032 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2013660803

Программа формирования обучающих векторов для
искусственной нейронной сети на основе знаний эксперта
«ANN Atmosphere Expert» (ANN AE)

Правообладатель: *Цуриков Александр Николаевич (RU)*Автор: *Цуриков Александр Николаевич (RU)*

Заявка № 2013619037

Дата поступления 03 октября 2013 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 19 ноября 2013 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 137441

УСТРОЙСТВО ОБРАБОТКИ ВХОДЯЩИХ SMS-ОПОВЕЩЕНИЙ О ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОТБОРА АКТУАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ

Патентообладатель(ли): *Цуриков Александр Николаевич (RU), Домницкий Николай Константинович (RU)*

Автор(ы): *Цуриков Александр Николаевич (RU), Домницкий Николай Константинович (RU)*

Заявка № 2013146285

Приоритет полезной модели 16 октября 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10 февраля 2014 г.

Срок действия патента истекает 16 октября 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014611447

**Мобильное приложение для адресного оповещения о
возникновении чрезвычайной ситуации на
железнодорожном транспорте «Railway SMS Smart Alert»
(RSA)**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профессионального
образования «Ростовский государственный университет путей
сообщения» (ФГБОУ ВПО РГУПС) (RU)*

Автор: *Цуриков Александр Николаевич (RU)*

Заявка № 2013661786

Дата поступления 17 декабря 2013 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 03 февраля 2014 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2012615567

Программа проверки знаний «University-Lyceum» (UL)

Правообладатель(ли): *Цуриков Александр Николаевич (RU)*

Автор(ы): *Цуриков Александр Николаевич (RU)*

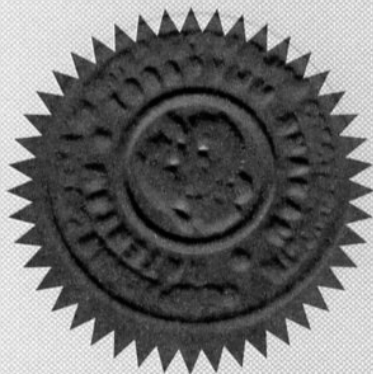
Заявка № 2012613716

Дата поступления 5 мая 2012 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
20 июня 2012 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(РОСПАТЕНТ)**

Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995.

Телефон (8-499) 240- 60- 15. Факс (8-495) 531- 63- 18

На № - от 18.06.2014

Наш № 2014105260/08(008393)

*При переписке просим ссылаться на номер заявки и
сообщить дату получения настоящей корреспонденции
от 28.08.2014*

Цурикову Александру Николаевичу
пр. Космонавтов, 1/26, кв. 64
г. Ростов-на-Дону
344092

Р Е Ш Е Н И Е
о выдаче патента на полезную модель

(21) Заявка № 2014105260/08(008393)

(22) Дата подачи заявки 12.02.2014

В результате экспертизы заявки на полезную модель установлено, что

☒ заявленная полезная модель

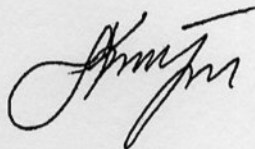
☐ заявленная группа полезных моделей

относится к объектам патентных прав, заявка подана на техническое решение, охраняемое в качестве полезной модели, и документы заявки соответствуют установленным требованиям, предусмотренным Гражданским кодексом Российской Федерации, в связи с чем принято решение о выдаче патента на полезную модель.

Заключение по результатам экспертизы прилагается.

Приложение: на 2 л. в 1 экз.

Врио руководителя



Кирий Л.Л.



ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

**Документы, подтверждающие использование и апробацию результатов
исследования**

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник Южного филиала
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

А.В. Кирсанов

« 27 » ноября 2013 г.

СПРАВКА**об использовании результатов диссертационной работы Цурикова А.Н.**

Настоящая справка выдана аспиранту РГУПС Цурикову Александру Николаевичу в том, что результаты, полученные в его диссертационной работе, использовались в деятельности Южного филиала ФГБУ ВНИИ ГОЧС при подготовке научной статьи в научно-практический журнал «Проблемы анализа риска» и заявки на выдачу патента РФ на полезную модель.

Конкретно:

- Статья «Принципы построения интеллектуальной советующей системы управления и оповещения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте», авторов Цуриков А.Н., Домницкий Н.К., Гуда А.Н., Веревкина О.И., опубликованная в журнале «Проблемы анализа риска», том 10, 2013 г., № 5, стр. 56-65.

- Заявка о выдаче патента РФ на полезную модель «Устройство обработки входящих SMS-оповещений о возникновении чрезвычайной ситуации с возможностью отбора актуальных сообщений», авторов Цуриков А.Н., Домницкий Н.К. № 2013146285 от 16.10.2013 г.

Всего Цуриковым А.Н. по результатам совместной работы со старшим научным сотрудником Южного филиала ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) Домницким Н.К. опубликована 1 статья в журнале из списка рекомендованных ВАК, подана 1 заявка о выдаче патента РФ на полезную модель.

Старший научный сотрудник
Южного филиала
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Н.К. Домницкий

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по научной работе
 ФГБОУ ВПО РГУПС
 д.т.н., профессор

А.Н. Гуда
 « 15 » 09 2014 г.

АКТ

об использовании результатов кандидатской диссертации Цурикова Александра Николаевича

Комиссия ФГБОУ ВПО РГУПС, в составе директора научно-исследовательской части В.Н. Носкова, профессора каф. «Информатика» М.А. Бутаковой, профессора каф. «АТ» С.М. Ковалева, аспиранта каф. «Информатика» А.Н. Цурикова, составила настоящий акт о том, что результаты исследований по интеллектуализации и автоматизации технологических процессов управления на железнодорожном транспорте, полученные в диссертации А.Н. Цурикова, использовались при выполнении хоздоговорных работ и грантов РФФИ в 2012-2014 годах:

- грант РФФИ 13-08-12151/2013 офи_м «Методы формирования и обработки темпоральных баз данных о динамике процессов в интеллектуальных системах управления транспортными потоками»;

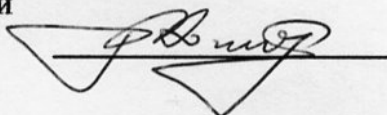
- грант РФФИ 12-08-00798/14 «Математическое и программное обеспечение интеллектуальной обработки неполных и слабоструктурированных данных в информационно-управляющих системах с повышенными требованиями к надежности и качеству функционирования»;

- хоздоговорная работа № 369 30.12.10 «Разработка нормативного обеспечения по процессному управлению рисками природно-техногенных аварий на стратегически важных объектах железнодорожной транспортной системы. Расчет средне- и долгосрочных прогнозных значений рисков и обоснование мероприятий», заказчик ОАО «РЖД»;

- грант РФФИ 11-07-131110/12 «Методы, модели и алгоритмы оценки качества функционирования и синтеза надежного программного обеспечения информационно-управляющих систем на железнодорожном транспорте».

Председатель комиссии:

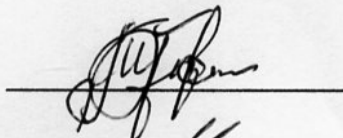
Директор научно-исследовательской части, к.т.н.



В.Н. Носков

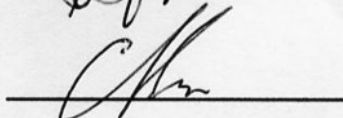
Члены комиссии:

Профессор каф. «Информатика»,
 д.т.н.



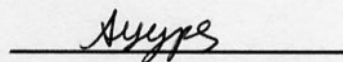
М.А. Бутакова

Профессор каф. «АТ»,
 д.т.н.



С.М. Ковалев

Аспирант каф. «Информатика»



А.Н. Цуриков



Autonomous nonprofit organization
International research institute
 Автономная некоммерческая организация
Международный исследовательский институт
Научно-внедренческий центр
 109147, г. Москва, ул. Марсистская, д. 5, стр. 1
 115563, г. Москва, а/я 77, Международный исследовательский институт
 Тел. +7-495-509-67-82
 E-mail: info@mii-nauka.com; <http://www.mii-nauka.com>
 ОКПО 89659236, ОГРН 1087799038205, ИНН/КПП 7709442266/770901001

На № 26.02.2013 г. № 13/02-19- от 22

По месту требования

АКТ о внедрении результатов диссертационного исследования и их апробации

Настоящим актом подтверждается, что положения и результаты диссертационного исследования Цурикова А.Н. внедрены в научную и проектную деятельность Научно-внедренческого центра Международного исследовательского института.

Апробация результатов диссертационного исследования осуществлялась в форме выступления на V Международной научной конференции «Актуальные проблемы народнохозяйственного комплекса: инновации и инвестиции» (г. Москва, 26 февраля 2013 г.) с докладом на тему: «Обзор проблем транспортировки химически опасных грузов железнодорожным транспортом».

Научный руководитель
 Научно-внедренческого центра
 Международного исследовательского института
 доктор экономических наук,
 профессор



А. Ю. Коваленко