

На правах рукописи

Тарасов Евгений Борисович

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МНОГОРОЛЕВЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ
ДЛЯ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ
(НА ПРИМЕРЕ ГРУЗОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ)**

Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Хабаров Валерий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Цой Евгений Борисович

кандидат технических наук,
Абрамов Михаил Владимирович

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения», г. Москва.

Защита состоится «17» июня 2010 года в 12-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.173.06 при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» по адресу 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет»

Автореферат разослан «17» мая 2010 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Чубич В.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В системах на транспорте, в промышленном производстве, в энергетике, в других отраслях в силу сложности объектов возникают взаимосвязанные аспекты управления, например, управление бизнес-процессами, управление технологическими процессами. В связи с этим становятся первостепенными проблемы разработки эффективного взаимодействия человека или коллектива с объектом управления. *Человеко-машинный интерфейс* как средство такого взаимодействия выполняет функции органичного соединения сильных сторон интуиции человека и вычислительной мощности компьютера. Проблема становится сложнее, когда речь идет о *многоролевом человеко-машинном интерфейсе* (МЧМИ), поскольку возникают новые аспекты взаимодействия участников в процессе управления.

Использование современных вычислительных систем, сетевых архитектур, достижений в области компьютерной графики, искусственного интеллекта, открывает широкие возможности для решения задач построения эффективного многоролевого интерфейса в системах ситуационного управления.

Задачами оптимального проектирования человеко-машинных систем занимались А.И. Губинский, Е.Б. Цой, О.С. Логунова, И.М. Ячиков, Е.А. Ильина, Э.А. Акчурин, Д. Раскин, В.П. Гладун, В.А. Рыжов, Г. Олссон, Д. Пиани, В.Д. Магазанник и др.

Однако вопросы создания многоролевых человеко-машинных интерфейсов для ситуационного управления остаются недостаточно изученными.

Конкретная реализация МЧМИ существенно зависит от специфики объекта управления, поэтому данная работа посвящена классу объектов управления на транспорте, более конкретно - типовой грузовой железнодорожной станции.

Различные аспекты автоматизированных систем управления для железнодорожного транспорта, в том числе человеко-машинное взаимодействие, находят отражение в конкретных системах, разработанных в организациях ВНИАС, ТРАСССИСТЕМОТЕХНИКА, ВНИИЖТ, ЦТРАНС и др., а также в работах Ю.П. Тютюнова, В.Л. Понасова, И.П. Новиковой, В.Ю. Горелика, А.С. Гершвальд, Г.Ф. Лекута, А.А. Мишура, А.В. Кузнецова, Д.В. Цуцкова, В.И. Зорина, Е.Е. Шухиной, П.В. Титов, С.Ю. Головченко, А.А. Москаленко и др.

Грузовая железнодорожная станция - это *сложный организационно-технический объект* (СОТО). С точки зрения разработки МЧМИ данный объект характерен тем, что управление осуществляется коллективом оперативных работников с регламентированной моделью взаимодействия, зафиксированной в нормативных документах. Это дает хорошую основу для построения моделей многоролевого взаимодействия и соответствующих

моделей бизнес-процессов с перспективой создания базы знаний и привлечения соответствующих технологий работы со знаниями.

На примере грузовой железнодорожной станции будут показаны возможные подходы и программно-технические решения для создания МЧМИ на основе нормативных знаний.

Говоря о железнодорожном транспорте в целом, можно сказать, что в современных условиях развития экономики возрастают требования к качеству транспортной работы, ее безопасности, что в свою очередь, требует повышения научно-методического уровня разработки технологических процессов, организационного обеспечения и управления перевозочным процессом в целом, а также подготовки высококвалифицированных специалистов. Возникают и углубляются проблемы, связанные с дальнейшим совершенствованием эксплуатационной работы на объектах железнодорожного транспорта. Решение последних невозможно без создания эффективных систем управления производством и систем обучения (тренажеров) для персонала

В рамках данной работы в качестве такой системы предлагается МЧМИ, основанный на метафоре *интеллектуального агента*, который выступает в роли посредника между человеком (коллективом) и объектом управления.

Не смотря на то, что основные результаты в данной работе получены для конкретного объекта типа «железнодорожная станция», можно утверждать, что применяемые подходы и принципы носят достаточно общий характер и относятся к классу СОТО в целом, следовательно, могут быть применены в других отраслях.

Из сказанного выше следует, что в теоретическом и прикладном аспекте поставленная в работе проблема создания многоролевого человеко-машинного интерфейса является актуальной с точки зрения специальности 05.13.11.

Объект исследования - сложный организационно-технический объект на примере грузовой железнодорожной станции.

Предмет исследования – многоролевой человеко-машинный интерфейс для СОТО.

Цель диссертационной работы - создание МЧМИ для ситуационного управления СОТО на примере грузовой железнодорожной станции.

В соответствии с указанной целью в диссертационной работе ставятся следующие задачи:

- разработать концепцию МЧМИ на основе агентного подхода;
- разработать методологию построения многоаспектной модели на примере грузовой железнодорожной станции, включающей:
 - ролевою модель для персонала СОТО;
 - модели бизнес-процессов;
 - модели технологических процессов;

- модель инфраструктуры;
- разработать типовую архитектуру агента для МЧМИ;
- разработать структуры и механизмы управления базами знаний СОТО на основе многоаспектной транспортной модели;
- разработать программное обеспечение МЧМИ;
- разработать многоролевой тренажерный комплекс;
- разработать инструментарий для создания МЧМИ.

Научная новизна

1. Предложен *новый подход* к созданию многоролевого человеко-машинного интерфейса для ситуационного управления СОТО, применительно к объектам железнодорожного транспорта, основанный на модели нормативного поведения. *В отличие от существующих подходов*, данный вид интерфейса проявляет свойства искусственного интеллекта, выраженные в способности к рассуждениям на основе знаний, адаптивному поведению, выраженном в сглаживании человеческого фактора, способности к обучению персонала в процессе работы, способности поддерживать нормативное состояние.

2. *Впервые* для реализации человеко-машинного интерфейса предложена агентная архитектура *специального вида*, которая, в отличие от известных агентных архитектур, включает дополнительные механизмы персистенции, усиления и аттенюации информации, визуализируемую модель объекта управления (виртуальный объект) и ролевую модель коллектива персонала.

3. Разработана многоаспектная модель СОТО, как база знаний для МЧМИ, на основе *отраслевой нормативной документации* применительно к предметной области «Грузовая железнодорожная станция», включающая в себя:

- модели бизнес-процессов;
- модели технологических процессов;
- ролевые модели;
- модель инфраструктуры и подвижного состава.

Предлагаемая многоаспектная модель в формате логических правил поддерживается механизмом прямого и обратного логического вывода. Специфичность вывода выражается в метаправилах для данной предметной области.

4. Разработано *программное обеспечение* для МЧМИ «Грузовая железнодорожная станция» и создан не имеющий аналогов комплекс для обучения многоролевому взаимодействию работников станции.

5. Разработан инструментарий для создания МЧМИ СОТО.

Методы исследования. В ходе диссертационного исследования были использованы методы ситуационного управления, системного анализа, объектно-ориентированное проектирование и программирование, технологии

искусственного интеллекта и логического программирования, технологии программирования в ограничениях, 3D-моделирование.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием методов ситуационного управления, реализованных в программно-аппаратном комплексе многоролевого тренажера для персонала грузовой железнодорожной станции.

Практическая значимость

- разработан МЧМИ для ситуационного управления СОТО с использованием виртуального объекта на примере грузовой ж.д. станции, а также тренажер горочного комплекса для сортировочных станций;
- создан репозиторий типовых бизнес-процессов (на языке UML) для лабораторного комплекса «Грузовая станция и местная работа», описывающих объект управления и его функционирование;
- создана база знаний для ситуационного управления объектом и механизмы работы со знаниями;
- внедрен лабораторный комплекс «Грузовая станция и местная работа» в Институте перспективных транспортных технологий и переподготовки кадров СГУПС, а также в Институте управления и информационных технологий МИИТ;
- созданы и внедрены в производство тренажерные комплексы оперативного персонала сортировочной горки на станциях Орехово-Зуево (Московская железная дорога – филиал ОАО «РЖД») и Новокузнецк-Восточный (Западно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии» (Томский политехнический университет, г.Томск, 2006 г.);
- международная научно-практическая интернет-конференция «Информационные технологии в науке и образовании» (г. Шахты, 2006 г.);
- международная научная конференция «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирский государственный университет, г.Новосибирск, 2007 г.);
- международная научно-практическая конференция «Наука и молодежь 21 века» (Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, 2007 г.);

- международная научно-практическая конференция «Инфотранс 2008» (г. Санкт-Петербург, 2008г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе: 1 – в изданиях, входящих в перечень рекомендованный ВАК РФ, 8 – в сборниках трудов международных конференций.

Личный вклад. Все разработки и научные результаты, выносимые на защиту и изложенные в тексте диссертации, получены либо самим автором лично, либо при его непосредственном участии.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых источников и приложений. Полный объем составляет 168 страниц, включая 87 рисунков и 16 таблиц. Список используемых источников содержит 75 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, определена цель исследования, очерчен круг задач, решаемых в рамках научного исследования, отмечена научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В главе 1 проведен аналитический обзор подходов построения многоролевых человеко-машинных интерфейсов в системах управления СОТО.

Анализ литературных источников показал, что проблема многоролевых интерфейсов в методологическом плане слабо изучена. Можно констатировать, что на сегодняшний день отсутствует общая методология разработки таких систем. Поэтому в данном исследовании для класса сложных организационно-технических систем с иллюстрацией на примере грузовой железнодорожной станции ставится задача *поиска структурных и функциональных закономерностей* для многоролевого человеко-машинного взаимодействия.

Далее по тексту главы вводится понятие сложной организационно-технической системы с двумя главными относительно независимыми подсистемами - Управляющий орган (УО) и объект управления (ОУ), со свойственной для каждой из них структурой и поведением. УО – это коллектив персонала. Каждый участник этого коллектива выполняет одну или несколько ролей. Каждая роль имеет свою зону ответственности и участвует в бизнес-процессах, связанных с управлением объектом. ОУ – это технический объект.

Как правило, для СОТО *ситуационное управление* является основной моделью управления. Все штатные и большинство нештатных ситуаций предполагают регламентированные действия, описанные в инструкциях для персонала.

На примере грузовой станции (Рисунок 1) это выглядит следующим образом: выделяются роли, основные из которых ДСП (дежурный по станции), ДСПП (дежурный по парку), ДСД (составитель), ДСПЦ (оператор при дежурном по станции), которые взаимодействуют в рамках определенного регламента (нормы, правила) на ограниченном оперативном пространстве, определяемом набором технических объектов: инфраструктура ж.д. станции (путь и путевое хозяйство) и подвижной состав (вагоны и локомотивы). Выполняемые бизнес-процессы связаны с цепочками передачи ответственности в ходе выполнения технологического процесса.

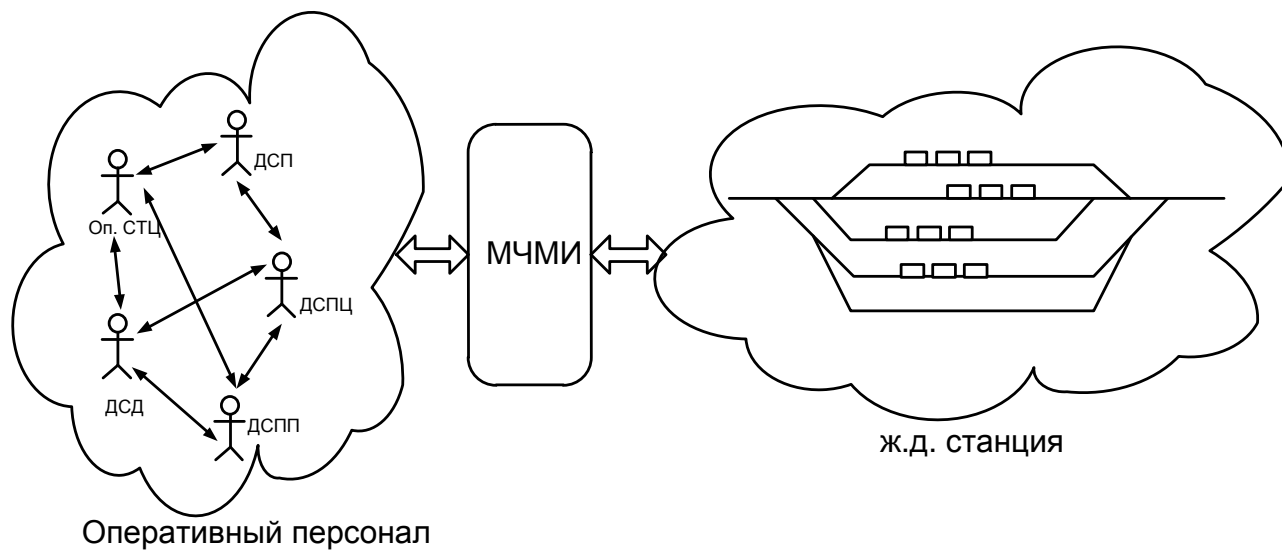


Рисунок 1. МЧМИ для СОТО

Варианты использования МЧМИ представлены на диаграмме (Рисунок 2), из которой следует, что МЧМИ имеет целый спектр функций, главная из которых заключается в гармонизации взаимодействия двух гетерогенных систем УО и ОУ.

Дальнейшая концептуализация МЧМИ позволяет выделить его основные качества, которые заключаются в том, что, обладая моделью объекта, МЧМИ способен интерполировать и экстраполировать его поведение. Применительно к железнодорожной станции это выражается в способности предсказывать положение подвижного состава, состояние рельсовых цепей, светофоров, стрелочных переводов и т.д. Ограничения, которые определяют поведение объекта, задаются физическими закономерностями в виде уравнений движения распределенных масс по железнодорожной колее, а также логическими правилами, которые вытекают из нормативных документов (технологические ограничения в виде правил работы светофорных объектов, стрелочных переводов и т.д.).

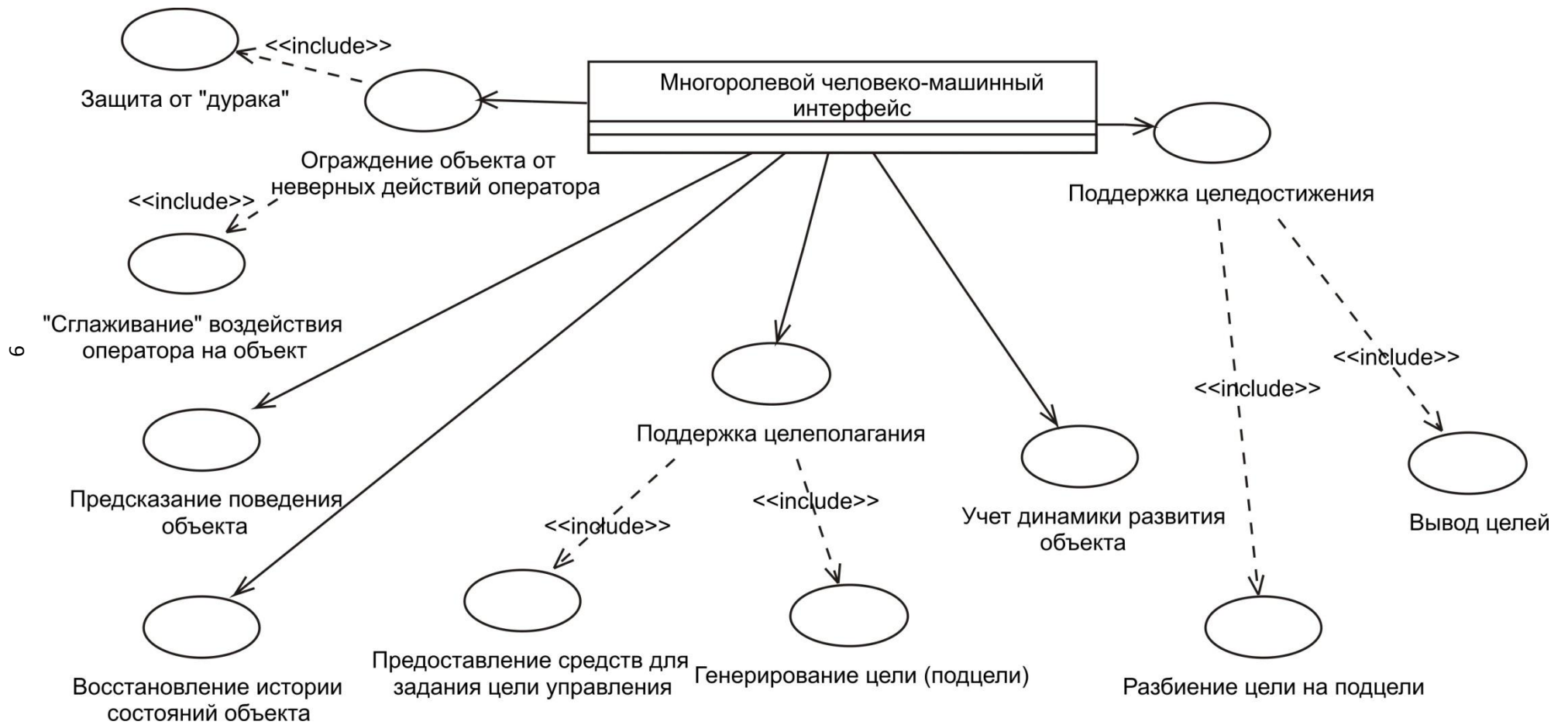


Рисунок 2. Диаграмма вариантов использования МЧМИ

Объектная модель, описывающая структуру и поведение реального объекта с необходимой степенью точности, рассматривается как основа для создания, так называемого *виртуального объекта (ВО)*. Под виртуальным объектом понимается созданный техническими средствами мир, воспринимаемый оператором визуальными средствами МЧМИ и дающий всю необходимую информацию о реальном объекте. Для этого ВО должен быть полностью синхронизирован с реальным объектом через систему *датчиков и исполнительных механизмов*. Объекты виртуальной среды должны вести себя аналогично объектам реальной среды. Пользователь может иметь возможность воздействовать на объекты виртуальной среды посредством МЧМИ.

Дальнейшая концептуализация МЧМИ логически приводит к необходимости введения понятия *ролевой модели (РМ)*.

РМ концентрирует в себе регламенты взаимодействия персонала, разграничение зон ответственности, точное описание бизнес-процессов. РМ реализует ситуационную модель управления. Ситуационная модель управления есть регламент, который определяет правила поведения, как в *штатной*, так и в *нештатной* ситуации. РМ есть *модель поведения* для второй подсистемы СОТО – органа коллективного управления.

РМ в рамках МЧМИ позволяет:

- определить протокол взаимодействия конкретной роли с ВО;
- определить нужный ракурс отображения ВО для конкретной роли;
- генерировать и оценивать варианты управляющих воздействий в соответствии с ситуационной моделью управления.

Можно констатировать, что ВО является формой представления знаний для технической подсистемы СОТО, а РМ - формой представления знаний для организационной подсистемы СОТО.

Поскольку эти знания со временем эволюционируют, то целесообразно выделить их в отдельные компоненты в виде соответствующих *баз знаний*. Это заставляет обратиться к технологиям работы со знаниями. Такой подход соответствует принципам ситуационного управления, которые неформально используются на практике, в частности на железнодорожных станциях. Задача заключается в формализации такого подхода. Это требует *выбора формы представления знаний* для РМ.

Таким образом, МЧМИ, обладающий вышеперечисленными свойствами, позволяет получить новое качество:

- корректировать ошибочные действия оператора в процессе коллективного управления;
- повысить качество управления за счет информационной поддержки деятельности оператора (предоставление релевантной информации для каждой роли);
- повысить качество управления за счет интеллектуальной поддержки со стороны МЧМИ (генерирование и оценка вариантов управляющих воздействий);

- осуществлять в режиме отложенного времени анализ сеансов работы с целью обучения персонала и реинжиниринга бизнес-процессов;
- осуществлять обучение в режиме тренажера.

В процессе взаимодействия УО с ОУ у каждого участника процесса формируется своя ментальная модель объекта, зависящая, в том числе, от опыта работы.

Одной из основных функций МЧМИ является *унификация ментальной модели оператора и модели, заложенной в систему управления*, в процессе деятельности оператора. Вариант решения состоит в том, чтобы согласовать *онтологии оператора и системы* (Рисунок 3).

В работе используется агентный подход, который в настоящее время активно разрабатывается в рамках технологий искусственного интеллекта. МЧМИ можно интерпретировать как интеллектуального агента – посредника между объектом управления и управляющим органом (Рисунок 4).

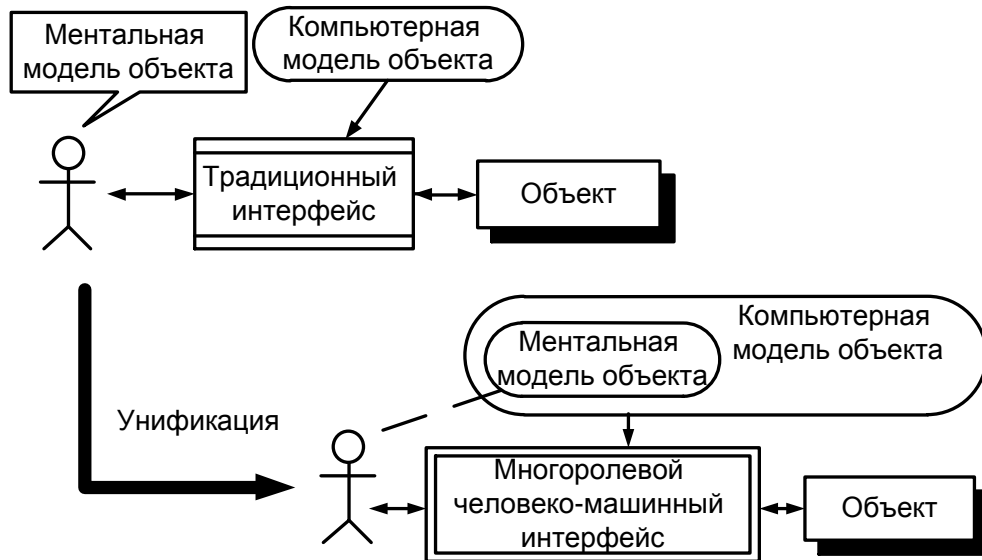


Рисунок 3. Процесс унификации

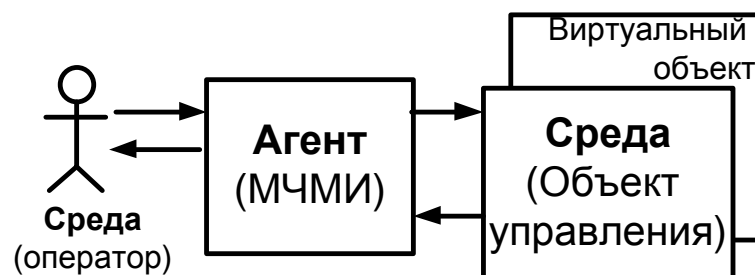


Рисунок 4. МЧМИ на основе агента

Представленная выше схема рассуждений относительно структуры МЧМИ хорошо укладывается в известный шаблон проектирования MVC (Model-View-Controller), который разделяет модель предметной области, пользовательский

интерфейс и управляющую логику на три отдельных компонента. Отделение View дает возможность для ролевой настройки системы.

Итогом первой главы диссертации является концептуализация понятия многоролевого человеко-машинного интерфейса как системы, основанной на знаниях, построенной на принципах ситуационного управления и имеющей архитектуру интеллектуального агента, использующую шаблон проектирования MVC.

Определена область исследования и актуальные задачи.

Глава 2. Намеченная в общих чертах в предыдущей главе архитектура МЧМИ требует уточнения и детализирования. В данной главе с помощью аппарата ультрасетей Чечкина А.В. строится модель МЧМИ и на ее основе - архитектура. Выбор формализма ультрасетей (расширение сетей Петри) связан с тем, что они в наибольшей степени приспособлены для описания архитектур интеллектуальных систем.

На рисунке 5 приведена модель МЧМИ. В таблицах 1, 2, 3, 4 и 5 дается интерпретация компонент модели.

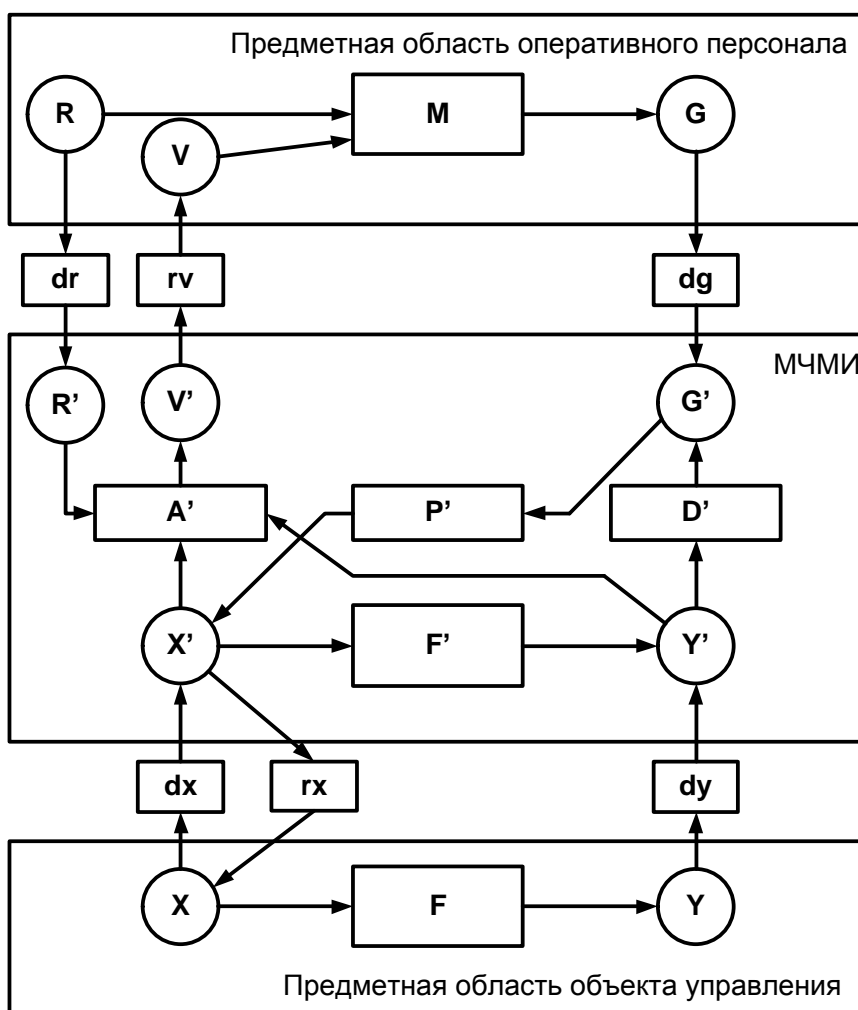


Рисунок 5. Модель МЧМИ

Таблица 1

Концепты

Концепт	Описание	Пример
X	Множество состояний системы.	Вагон с некоторым грузом стоит на некотором пути. Этот вагон может быть переведен в другое состояние, быть разгружен и переставлен на другой путь.
Y	Пространство наблюдений системы.	Показатели, характеризующие качество работы ж.д. станции.
R	Множество ролей.	Оперативный персонал ж.д. станции.
V	Множество всех возможных способов визуализации.	Возможные способы представления информации о состоянии ж.д. станции для конкретных ролей.
G	Множество целей для данной роли rcR .	Цель рассматривается как желаемое состояние с точки зрения конкретного оператора.

Таблица 2

Ультрамножества

Ультрамножество	Описание	Пример																																				
X'	Объектная модель для X в информационной области.	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Путь</th> <th colspan="2">Вагон</th> <th colspan="2">Груз</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Номер</td> <td>5</td> <td>Номер</td> <td>58007105</td> <td>Код</td> <td>23239</td> </tr> <tr> <td>Длина</td> <td>800</td> <td>Тип</td> <td>Полувагон</td> <td>Наименование</td> <td>щебень</td> </tr> <tr> <td>Состояние</td> <td>занят</td> <td>Груз</td> <td>Груз</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Место</td> <td>Путь</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Путь		Вагон		Груз		Атрибут	Значение	Атрибут	Значение	Атрибут	Значение	Номер	5	Номер	58007105	Код	23239	Длина	800	Тип	Полувагон	Наименование	щебень	Состояние	занят	Груз	Груз					Место	Путь		
Путь		Вагон		Груз																																		
Атрибут	Значение	Атрибут	Значение	Атрибут	Значение																																	
Номер	5	Номер	58007105	Код	23239																																	
Длина	800	Тип	Полувагон	Наименование	щебень																																	
Состояние	занят	Груз	Груз																																			
		Место	Путь																																			
Y'	Объектная модель для Y в информационной области.	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Вагонооборот</th> <th colspan="2">Простой под грузовой операцией</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Кол-во прибывших вагонов</td> <td>150</td> <td>Кол-во вагонов на станции</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Кол-во отправленных вагонов</td> <td>170</td> <td>Время нахождения на станции</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Кол-во погруженных вагонов</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Кол-во выгруженных вагонов</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Вагонооборот		Простой под грузовой операцией		Атрибут	Значение	Атрибут	Значение	Кол-во прибывших вагонов	150	Кол-во вагонов на станции	70	Кол-во отправленных вагонов	170	Время нахождения на станции	8			Кол-во погруженных вагонов	19			Кол-во выгруженных вагонов	25												
Вагонооборот		Простой под грузовой операцией																																				
Атрибут	Значение	Атрибут	Значение																																			
Кол-во прибывших вагонов	150	Кол-во вагонов на станции	70																																			
Кол-во отправленных вагонов	170	Время нахождения на станции	8																																			
		Кол-во погруженных вагонов	19																																			
		Кол-во выгруженных вагонов	25																																			

Ультрамножество	Описание	Пример																																	
R'	Объектная модель для R в информационной области. Представление множества ролей в информационной области.	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Дежурный по станции (ДСП)</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ФИО</td> <td>Иванов И.И.</td> </tr> <tr> <td>Возраст</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Должностная инструкция</td> <td>Должностная инструкция ДСП</td> </tr> </tbody> </table>		Дежурный по станции (ДСП)		Атрибут	Значение	ФИО	Иванов И.И.	Возраст	26	Должностная инструкция	Должностная инструкция ДСП	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Составитель (ДСД)</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ФИО</td> <td>Петров И.И.</td> </tr> <tr> <td>Возраст</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Должностная инструкция</td> <td>Должностная инструкция ДСД</td> </tr> </tbody> </table>		Составитель (ДСД)		Атрибут	Значение	ФИО	Петров И.И.	Возраст	22	Должностная инструкция	Должностная инструкция ДСД										
Дежурный по станции (ДСП)																																			
Атрибут	Значение																																		
ФИО	Иванов И.И.																																		
Возраст	26																																		
Должностная инструкция	Должностная инструкция ДСП																																		
Составитель (ДСД)																																			
Атрибут	Значение																																		
ФИО	Петров И.И.																																		
Возраст	22																																		
Должностная инструкция	Должностная инструкция ДСД																																		
V'	Объектная модель V в информационной области для визуализации.	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">3D модель для вагона</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Номер</td> <td>58007105</td> </tr> <tr> <td>Тип</td> <td>Полувагон</td> </tr> <tr> <td>Скорость</td> <td>Груз</td> </tr> <tr> <td>Координаты</td> <td>1200; 300; 250</td> </tr> </tbody> </table>		3D модель для вагона		Атрибут	Значение	Номер	58007105	Тип	Полувагон	Скорость	Груз	Координаты	1200; 300; 250	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">3D модель для стрелочного перевода</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Номер</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Марка крестовины</td> <td>1/11</td> </tr> <tr> <td>Положение</td> <td>«+»</td> </tr> <tr> <td>Координата центра</td> <td>1200; 335; 250</td> </tr> </tbody> </table>		3D модель для стрелочного перевода		Атрибут	Значение	Номер	23	Марка крестовины	1/11	Положение	«+»	Координата центра	1200; 335; 250						
3D модель для вагона																																			
Атрибут	Значение																																		
Номер	58007105																																		
Тип	Полувагон																																		
Скорость	Груз																																		
Координаты	1200; 300; 250																																		
3D модель для стрелочного перевода																																			
Атрибут	Значение																																		
Номер	23																																		
Марка крестовины	1/11																																		
Положение	«+»																																		
Координата центра	1200; 335; 250																																		
G'	Объектная модель для G в информационной области.	<p style="text-align: center;">Желаемое состояние</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Путь</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Номер</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Длина</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td>Состояние</td> <td>свободен</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Вагон</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Номер</td> <td>58007105</td> </tr> <tr> <td>Тип</td> <td>Полувагон</td> </tr> <tr> <td>Груз</td> <td>Груз 23239</td> </tr> <tr> <td>Место</td> <td>Путь 5</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Груз</th> </tr> <tr> <th>Атрибут</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Код</td> <td>23239</td> </tr> <tr> <td>Наименование</td> <td>щебень</td> </tr> </tbody> </table>				Путь		Атрибут	Значение	Номер	5	Длина	800	Состояние	свободен	Вагон		Атрибут	Значение	Номер	58007105	Тип	Полувагон	Груз	Груз 23239	Место	Путь 5	Груз		Атрибут	Значение	Код	23239	Наименование	щебень
Путь																																			
Атрибут	Значение																																		
Номер	5																																		
Длина	800																																		
Состояние	свободен																																		
Вагон																																			
Атрибут	Значение																																		
Номер	58007105																																		
Тип	Полувагон																																		
Груз	Груз 23239																																		
Место	Путь 5																																		
Груз																																			
Атрибут	Значение																																		
Код	23239																																		
Наименование	щебень																																		

Таблица 3

Операторы

Оператор	Описание	Пример
F: X→Y	Отображает состояние системы $x \in X$ в некоторый наблюдаемый показатель $y \in Y$, характеризующий качество системы.	Прибыл поезд → количество прибывших вагонов; Отправлен поезд → количество отправленных вагонов;
M: V×R→G	Ментальная модель оператора. Генерирует цели управления с учетом способов визуализации для каждой роли.	<i>Для составителя:</i> на пути №5 стоит 1 вагон груженный щебнем, закрепленный 1 тормозным башмаком; цель: снять закрепление. <i>Для приемосдатчика:</i> на 1 пути стоит 1 вагон груженный щебнем, закрепленный 1 тормозным башмаком; цель: провести коммерческий осмотр вагона.

15

Таблица 4

Операторы (семантические датчики и исполнители)

Оператор	Описание
dx: X→X'	Семантический датчик. Отображает состояние системы $x \in X$ в X' .
rx: X'→X	Семантический исполнитель. Воздействует на предметную область, изменяя состояние.
dy: Y→Y'	Семантический датчик. Отображает наблюдаемый показатель $y \in Y$ в Y' .
dr: R→R'	Семантический датчик. Дает информацию из предметной области «Роль» (для кого формируется визуальное представление).
dv: V'→V	Семантический исполнитель. Является устройством, физически реализующим отображение для данной роли.
dg: G→G'	Семантический датчик. Отображает цель $g \in G$ в структуру данных G' .

Таблица 5

Ультраоператоры

Ультраоператор	Описание	Пример
F':X'→Y'	Описание оператора F в виде совокупности правил	Правило расчета вагонооборота: вагонооборот(Y) ← количество_прибывших_вагонов(Y1)& количество_отправленных_вагонов(Y2)& Y=Y1+Y2.
P':G'→X'	Набор правил, которые преобразуют цели в конкретные состояния системы.	Правило приготовления не враждебного маршрута: маршрут(X, Y, [X,Y]) ← блок_участок(X,Y)& не_занят(X,Y). маршрут(X,Y,T) ← блок_участок(X,Z)& не_занят(X,Z)& маршрут(Z,Y,[X T]).
A':X'×Y'×R'→V'	Набор правил для формирования релевантного для роли представления объекта управления.	Правило предоставления информации о закреплении вагонов на путях станции: отобразить_закрепление(R, List) ← составитель(R)& закрепленные_вагоны(List).
D':Y'→G'	Отображает значения показателя работы объекта на G' .	Правило формирования цели на основании низкого показателя качества работы станции: цель(G) ← вагонооборот(Y)& вагонооборот_план(Y1)& Y < Y1& максимизировать(Y, G).

На основании материалов, изложенных выше, предложена архитектура интеллектуального агента МЧМИ, основанная на шаблоне проектирования MVC (Рисунок 6):

- МЧМИ взаимодействует как со средой (реальным объектом), так и с человеком или целым коллективом.
- Наличие модуля «Управление системным временем», который позволяет осуществлять возможность воспроизведения ситуаций, произошедших на объекте, в отложенном времени, а также возможность прогнозирования развития ситуаций.
- Возможность подключения имитатора. Это позволит использовать МЧМИ не только для управления объектом, но и для организации различного рода опытов (в том числе и с нештатными ситуациями), а также использовать в качестве тренажера.
- Использование современных технологий визуализации на основе 3D моделирования и виртуальной реальности.

Выводы по главе:

- 1) Для МЧМИ построена математическая модель в виде ультрасети.
- 2) На основании модели разработана архитектура МЧМИ на базе агентных технологий.

В главе 3 в качестве типового СОТО исследован сложный организационно-технический объект – типовая грузовая железнодорожная станция. Изучены технологические процессы и нормативные документы. На их основе построена модель типовой грузовой станции в нотации UML.

Приведена характеристика типовой грузовой станции. В качестве прототипа в диссертационной работе использовалась одна из грузовых станций Западно-Сибирской железной дороги филиала ОАО РЖД.

Далее представлено моделирование действий оперативных работников грузовой станции на основе должностных инструкций. Каждый работник станции (роль) имеет свои должностные обязанности и полномочия (бизнес-ограничения), которые описывают область его деятельности. В качестве примера модели должностных обязанностей приведен фрагмент модели дежурного по станции. Также разработана модель ролевого взаимодействия оперативных работников станции.

На основе моделей должностных обязанностей реализованы модели бизнес-процессов типовой грузовой станции. Основные из них:

- планирование работы грузовой станции;
- прием, отправление грузовых поездов;
- организация маневровой работы на станции и подъездных путях;
- расформирование / формирование составов;
- оформление перевозочных документов;
- обработка заявок на перевозку груза.

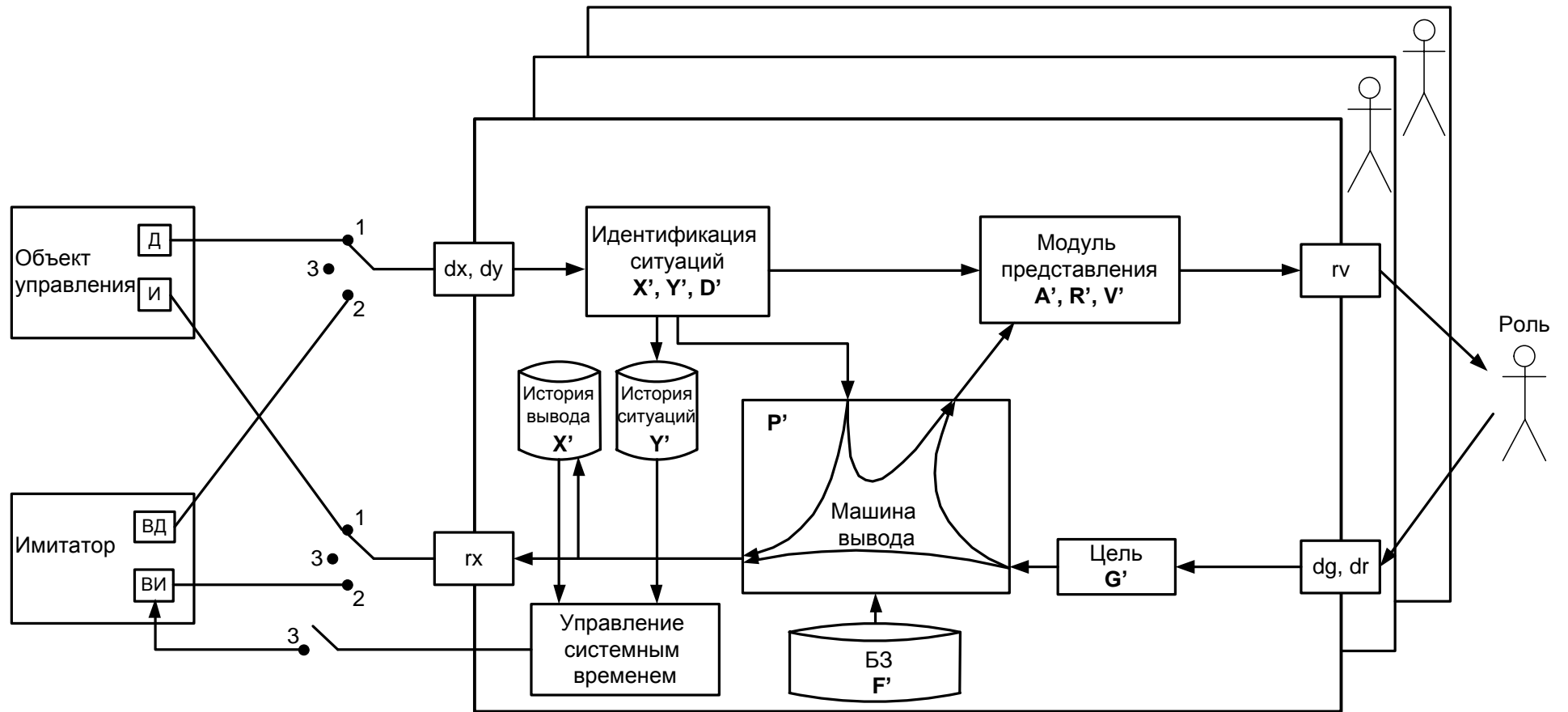


Рисунок 6. Архитектура агента МЧМИ

При моделировании бизнес-процессы были разделены по зонам ответственности оперативных работников.

Пример модели бизнес-процесса оператора СТЦ, связанного с прибытием поезда на станцию, приведен на рисунке 7.

Модель станции в нотации UML дает возможность формализовать бизнес-процессы.

Выводы по главе:

1. Создана модель должностных инструкций.
2. Создана модель основных бизнес-процессов типовой грузовой станции.
3. Разработана база знаний о СОТО.
4. Получена основа для создания МЧМИ.
5. Получена основа для совершенствования технологических процессов и бизнес-процессов грузовой станции.

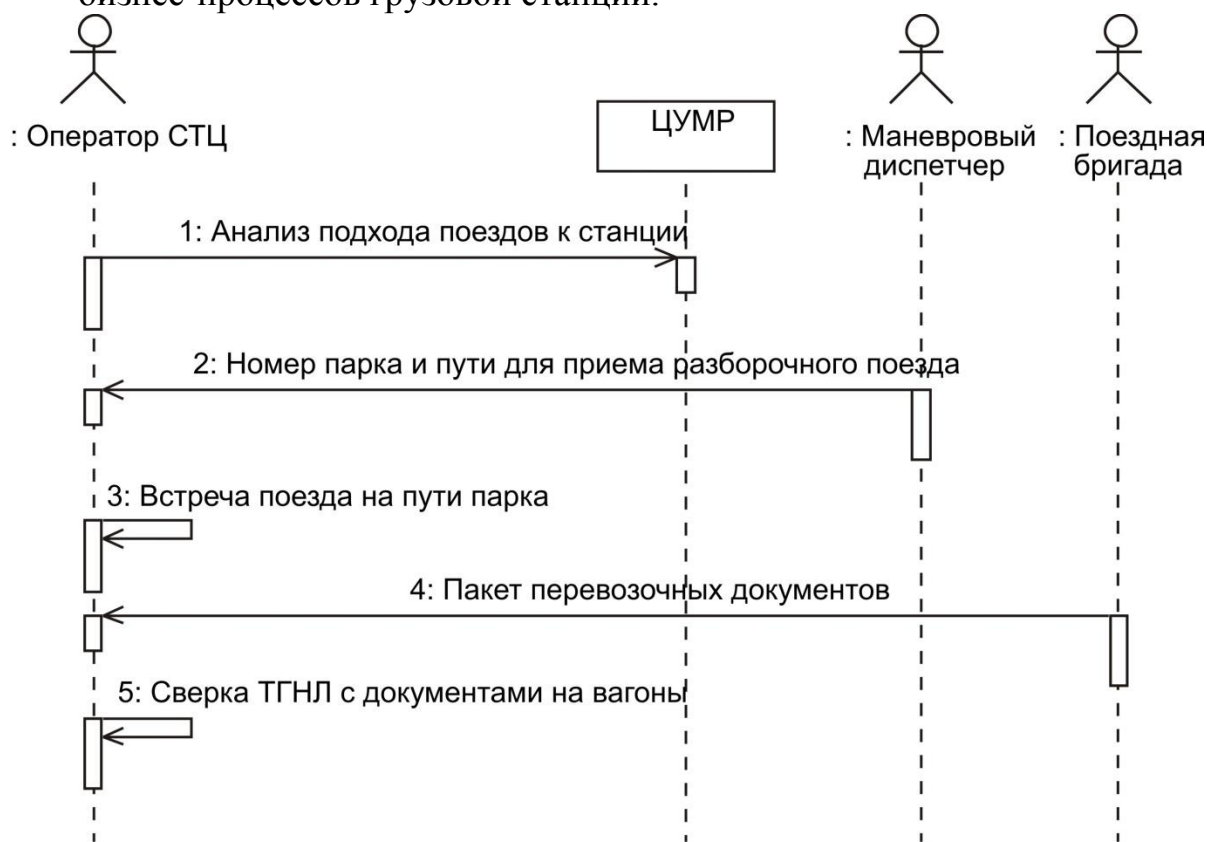


Рисунок 7. Модель бизнес-процесса оператора СТЦ при прибытии поезда на станцию

В главе 4 рассматривается разработка программного обеспечения МЧМИ. Приводится описание архитектуры, прикладного программного обеспечения.

Рассматривается общая структура системы, а также формулируется ряд требований к ней, а именно:

- моделирование объектов инфраструктуры станции;
- выделение ролей и моделирование зон ответственности;
- моделирование нештатных ситуаций;

- моделирование потоков работ;
- моделирование потоков документов;
- моделирование потоков передачи ответственности;
- решение эргономических проблем.

В модели бизнес-процессов (Глава 3) сформулирован облик объекта и выделены составляющие, которые являются основными объектами (в терминах объектно-ориентированного программирования) для реализации МЧМИ.

Выделены основные блоки:

- 3D модель станции;
- 2D модель станции;
- модель рабочих мест оперативных работников станции;
- модель бизнес-процессов;
- модель СЦБ;
- модель динамических процессов;
- модель логики;
- модели информационных систем используемых на грузовых станциях.

На основе описанных блоков создана архитектура программного обеспечения МЧМИ, которая представляет собой сложную структуру взаимосвязанных компонентов (рисунок 8).

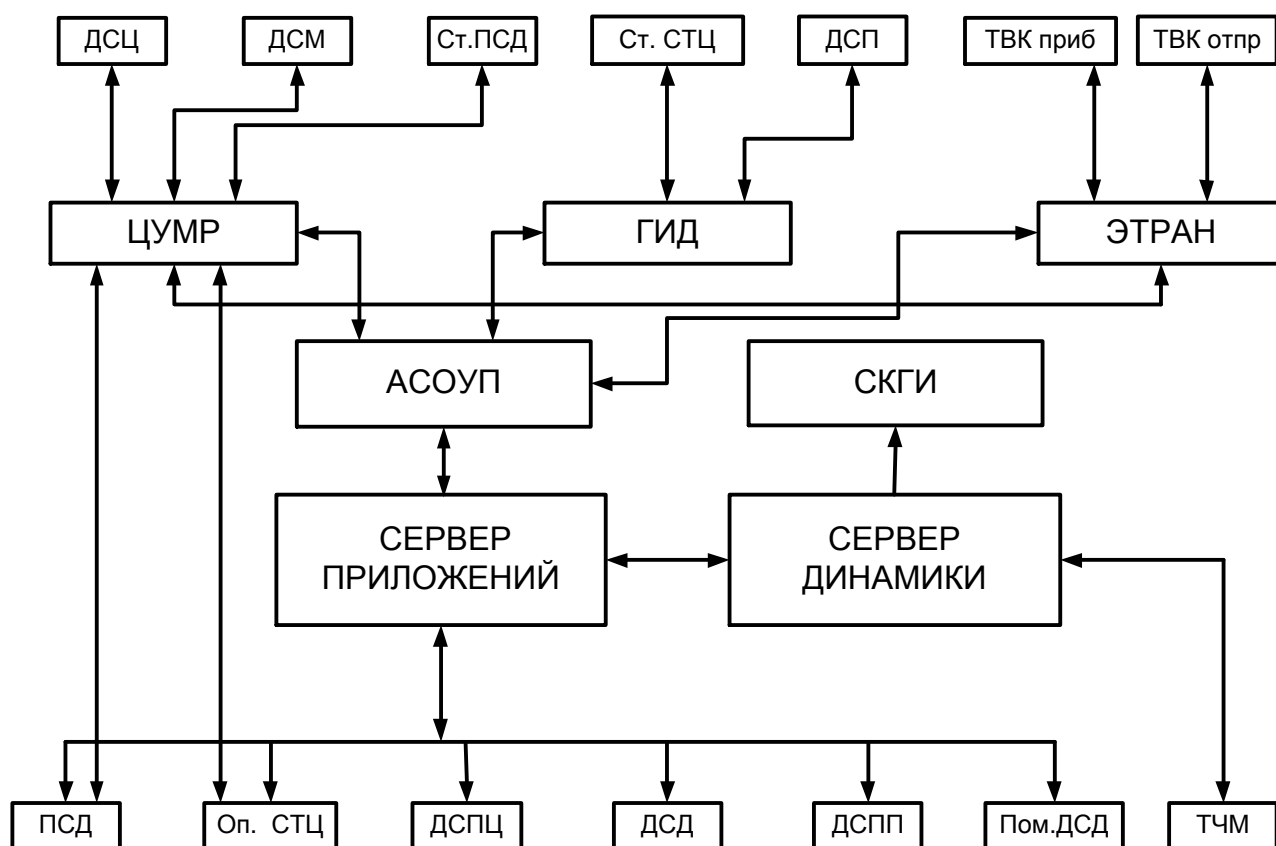


Рисунок 8. Архитектура программного обеспечения МЧМИ.

Далее приводится описание компонентов, а именно:

1) «Сервер приложений» (СП) — реализует основные функции модели станции и управляет процессом синхронизации отображения состояния объектов на мнемосхемах рабочих мест. В соответствии с архитектурой, представленной во 2-й главе, включает в себя машину вывода, БЗ и модуль идентификации ситуаций.

Входящей информацией для СП являются события, инициированные «Рабочими местами» и «Сервером динамики».

Выходящей информацией «Сервера приложений» является информация о конкретном объекте управления (занятости участка, светофоры, положения стрелочных переводов, тормозных башмаков, упоров УТС и т.д.) на текущий момент.

2) «Сервер динамики» (СД) — осуществляет расчет положения подвижного состава на станции, расчет ускорения и скорости движения подвижного состава в соответствии с физическими закономерностями, заложенными в динамической модели, что позволяет наиболее реалистично отображать объекты на метрической схеме рабочих мест и визуализировать их в «Системе компьютерной генерации изображения». В соответствии с архитектурой, представленной во 2-й главе, включает в себя имитатор и модуль управления системным временем.

Первоначально входящей информацией для СД является положение подвижного состава на путях станции в соответствии со сценарием. В процессе работы СД получает информацию от различных компонентов модели:

- от «Сервера приложений» — трехмерные координаты путевого развития, состояние стрелочных переводов, светофоров, наличие тормозных башмаков под вагонами и на рельсах, состояние упоров УТС-380;
- от «Рабочих мест» — расцепка автосцепки, сцепка и расцепка тормозных рукавов;
- от рабочего места «Машинист» — сила тяги, команда расцепки автосцепки и запрос о расположении камеры.

Выходящей информацией «Сервера динамики» является информация о положении подвижного состава на путях станции, представленная в виде специального протокола обмена данными.

3) Компонент прикладного программного обеспечения «Рабочие места» включает в себя несколько модулей. В соответствии с архитектурой, представленной во 2-й главе, включает в себя модуль представления и цель.

Часть мест, у которых рабочей областью является метрическая схема модели станции, реализуются модулем «Универсального клиента» по средствам индивидуальной настройки конфигурационных файлов. Рабочие места ДСПЦ, ТЧМ реализуются индивидуальными модулями.

4) Система компьютерной генерации изображения (СКГИ) производит трехмерную визуализацию модели станции и управляемых объектов. В соответствии с архитектурой, представленной во 2-й главе, включает в себя модуль представления.

По каналу связи в рамках протокола обмена данными СКГИ получает информацию от «Сервера динамики» о состоянии объектов отображения в текущее время. Объектами отображения являются, например, стрелочные переводы, светофоры, подвижной состав и так далее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационной работы был исследован сложный организационно-технический объект - грузовая железнодорожная станция. Изучены бизнес-процессы и технологические процессы, разработано математическое и программное обеспечение МЧМИ с использованием современных технологий визуализации и возможностью подключения имитатора объекта.

В ходе диссертационного исследования были использованы методы ситуационного управления, системного анализа, объектно-ориентированное проектирование и программирование, технологии искусственного интеллекта, 3D-моделирование.

Результаты выполненной работы:

- разработана концепция МЧМИ;
- разработана типовая архитектура агента для МЧМИ;
- разработана многоаспектная транспортная модель, включающая:
 - ролевою модель для персонала СОТО;
 - модели технологических процессов;
 - модели бизнес-процессов;
 - графические модели (2D, 3D);
- разработаны структуры и механизмы управления базами знаний СОТО на основе многоаспектной модели;
- разработано математическое и программное обеспечение МЧМИ;
- разработан инструментарий для создания МЧМИ;
- внедрен учебный лабораторный комплекс «Грузовая станция и местная работа» в Институте перспективных транспортных технологий и переподготовки кадров СГУПС, а также в Институте управления и информационных технологий МИИТ;
- внедрены тренажерные комплексы оперативного персонала сортировочной горки на станциях Орехово-Зуево (Московская железная дорога – филиал ОАО «РЖД») и Новокузнецк-Восточный (Западно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»).

На основании этого можно сделать вывод, что поставленная цель в работе достигнута.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Тарасов Е.Б. Комплексное моделирование организационно-технических систем как способ представления корпоративных знаний / Тарасов Е.Б., Хабаров В.И. // Научный вестник НГТУ. –Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. - № 4(29). -С. 191-196.
2. Тарасов Е.Б. Подходы к созданию корпоративных информационных систем, основанных на архитектурах, управляемых нормами // Современные техника и технологии: труды международной научно-практической конференции. –Томск: Изд-во ТПУ, 2006. –С. 174-176.
3. Тарасов Е.Б. Анализ использования стандарта RDF / Тарасов Е.Б., Ефремов С.Н. // Материалы научно-технической конференции. –Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2006, –С. 107-108.
4. Тарасов Е.Б. Подходы к созданию корпоративных информационных систем, основанных на архитектурах, управляемых нормами // Информационные технологии в науке и образовании: материалы международной научно-практической интернет-конференции. –Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2006, –С. 35-37.
5. Тарасов Е.Б. Новые технологии представления знаний в Web / Тарасов Е.Б., Платонов М.Е. //Наука и молодежь XXI века: материалы научно-технической конференции. –Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2006, –С. 112-113.
6. Тарасов Е.Б. Моделирование бизнес-процессов железнодорожной станции / Тарасов Е.Б., Комаров А.С. // Материалы научной конференции. –Новосибирск: Изд-во НГУ, 2007, –С. 78-79.
7. Тарасов Е.Б. Интеллектуальная модель грузовой станции // Информационные технологии: материалы научной конференции. –Новосибирск: Изд-во НГУ, 2007, –С. 205-206.
8. Тарасов Е.Б. Многоаспектное моделирование организационно-технических систем как способ представления корпоративных знаний на примере грузовых железнодорожных станций / Хабаров В.И., Тарасов Е.Б. // Аннотации докладов тринадцатой международной научно-практической конференции «Инфотранс-2008». –Санкт-Петербург: Изд-во ПГУПС, 2008, –С. 42-44
9. Тарасов Е.Б. Моделирование организационно-технических систем // Материалы XLVII международной научной конференции. –Новосибирск: Изд-во НГУ, 2009, –С. 174-175.

Подписано в печать 11.05.2010
1,5 печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 2212
Отпечатано с готового оригинал-макета в издательстве СГУПС
630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191