

*На правах рукописи*



АМАНКЕШУЛЫ ДАСТАН

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ АДАПТИВНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ МАГИСТРОВ  
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ  
ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

Специальность: 05.13.10 – «Управление в социальных  
и экономических системах»  
(технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России».

Научный  
руководитель:

**Бутузов Станислав Юрьевич,**  
Заслуженный работник высшей школы РФ,  
доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры информационных технологий  
учебно-научного комплекса автоматизированных  
систем и информационных технологий Академии ГПС  
МЧС России

Официальные  
оппоненты:

**Порошин Александр Алексеевич,**  
доктор технических наук, старший научный сотруд-  
ник, начальник научно-исследовательского центра  
организационно-управленческих проблем пожарной  
безопасности ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак  
почета» научно-исследовательский институт  
противопожарной обороны МЧС России»

**Родионов Евгений Григорьевич,**  
кандидат технических наук, доцент, заместитель  
начальника кафедры пожарной безопасности  
объектов защиты в составе УНК «Государственный  
надзор» ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная  
Академия ГПС МЧС России»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС  
России»

Защита диссертации состоится «21» ноября 2018 г. в 14.00 ч. на засе-  
дании диссертационного совета Д 205.002.01 при Академии Государственной  
противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, г. Москва,  
ул. Бориса Галушкина, 4, зал Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии  
Государственной противопожарной службы МЧС России и на сайте  
<https://academygps.ru/upload/iblock/507/5072d803b22e208a5c6c9f5165526d5a.pdf>

Автореферат разослан «28» сентября 2018 г.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направить  
в Академию Государственной противопожарной службы МЧС России по ука-  
занному адресу.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент

Р.Ш. Хабибулин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Постоянные изменения в течение последнего десятилетия в системе высшего образования привели к практически «неизлечимым» последствиям как для рынка труда, так и для общего уровня образования в стране. Данная проблемная область актуальна и для России, и для Республики Казахстан. Уровень образования подрастающего поколения неизменно падает в классическом представлении поэтапной поставки знаний для разных возрастных категорий. Общая квалификация вновь подготовленных специалистов, также согласно статистическим показателям и социологическим опросам, довольно низкая. Причиной служит динамическая система постоянных изменений в образовательном процессе, предписываемой государственными органами. При этом применяемые устоявшиеся классические принципы передачи знаний системы профессионального образования вынуждены изменяться, модифицироваться, исправляться, сокращаться и осовремениваться в соответствии с требованиями рынка труда. Искусственная система иерархии требований к образовательным программам привели к тому, что обучаемый первой ступени высшего образования уже не соответствует требованиям Трудового кодекса для принятия на должность и вынужден искать (самостоятельно) дополнительные возможности получить необходимые знания в профессиональной сфере или овладеть новой специализацией.

В данных условиях для вузов страны новым веянием стало формирование профильных магистратур, позволяющих обучаемым, завершившим бакалавриат, продолжить процесс и получить необходимую квалификацию. Данный этап должен формироваться на базе программ вузов, что не должно вызывать дополнительных проблем при открытии новых направлений магистратуры. Тем не менее практика показала обратный эффект. Первые попытки быстрого формирования вызвали ряд непониманий и недоумений при формировании современной стратегии.

Одной из ключевых проблем такой ситуации является то, что современные профильные высшие учебные заведения нуждаются в разработке новых специализированных методов и методологий, позволяющих планировать учебный процесс с учетом современных требований, предъявляемых к магистрантам, вести учет динамически изменяющейся нагрузки, оперативно предоставлять сводную информацию по обучаемым, анализировать данные индивидуальных графиков расписаний и загрузки аудиторного фонда и т. п. Описанные задачи распространяются на все этапы процесса обучения. По мере профессионального роста обучаемых данные процессы усложняются, насыщаются контурами индивидуального обучения. Существует мнение, что сопровождение образовательной деятельности в магистратуре проще, чем на предыдущих этапах в связи с тем, что количество обучаемых существенно меньше. Но практика показывает, что данное мнение неверно. Индивидуализация траектории обязывает формировать документы для профильной группы, что является особенностью процесса обучения. Процесс усложняется в ведомственных образовательных учреждениях в связи с целевым влиянием в системе управления профильного мини-

стерства. Следовательно, моделирование и алгоритмизация с учетом описанных критериев информационно-аналитических систем поддержки управления магистратурой является актуальным.

Одной из ключевых задач исследования является разработка модели формирования информационной системы, позволяющей анализировать состояние нагрузки профессорско-преподавательского состава магистратуры ведомственного образовательного учреждения с учетом специфики и профильности подготовки, вследствие чего можно обозначить ряд проблемных вопросов, а именно:

– в связи с требуемым переходом на многоуровневую систему обучения в Республике Казахстан возникает необходимость подготовки и обучения высококвалифицированных магистров пожарно-технического профиля для дальнейшего повышения квалификации экстерном преподавателей и специалистов;

– использование существующих моделей не может в полной мере осуществить переход на новую систему обучения в связи с тем, что на практике нет механизмов синтеза классической формы группового обучения магистров и обучения по индивидуальной траектории профильных специалистов.

В диссертационном исследовании предлагаются адаптированные под пожарно-технический профиль вуза модель и алгоритмы системы поддержки управления, основанные на механизмах систематизации индивидуальных траекторий и корректируемой обратной связи целевой функции группового обучения, что позволит осуществлять процесс адаптации вновь вводимых изменений в эволюционном режиме.

**Степень разработанности темы исследования.** Исследования процесса подготовки магистров в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля проводились А.И. Овсяником, Н.Г. Топольским, Н.Н. Брушлинским, В.Л. Семиковым, А.Н. Членовым, С.Ю. Бутузовым, Е.А. Лифшиц и др. Особенности подготовки магистров в российских вузах посвящены исследования И.Д. Столбовой, И.В. Сибикиной, А.С. Акоповой, В.В. Балашова, Т.В. Есенской, Д.К. Захарова, Н.Н. Комисаровой, Г.В. Лагунова, В.П. Попова, А.С. Проворова, Ж.С. Сафроновой и др.

Анализ работ указанных исследователей показал, что работы касаются отдельных аспектов образовательного процесса в целом, но не учитывают специфику подготовки магистров специальных направлений, в частности, в сфере пожарной безопасности.

**Цели и задачи.** Целью исследования является совершенствование модели и алгоритмов поддержки управления подготовкой магистров в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля Республики Казахстан.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

– проведен анализ моделей оценки и сопоставления по критериям системы управления подготовкой магистров профильных вузов, ориентированных на современные государственные образовательные стандарты;

– проведен анализ потребностей государственной системы обеспечения кадровой базы специалистами, а также состояния системы подготовки магистров в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля Республики

Казахстан, выполнено сопоставление моделей и потребностей;

– разработать модель формирования индивидуальных траекторий на обратных целевых задачах с корректируемыми узлами, алгоритмы сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией, определены критерии с плавающими коэффициентами;

– адаптировать и применить разработанные модель и алгоритмы в форме матричной системы организации и сопоставления государственных стандартов и индивидуальных траекторий.

**Объект исследования:** система управления подготовкой магистров в вузах пожарно-технического профиля Республики Казахстан.

**Предмет исследования:** модель и алгоритмы поддержки управления системы подготовки магистров в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля Республики Казахстан.

**Новизна научных результатов** заключается в разработке модели и алгоритмов системы поддержки управления, реализующей механизмы подготовки профильных специалистов уровня магистратуры в условиях формирования индивидуальных траекторий на обратных целевых задачах с корректируемыми узлами, в том числе:

– модель сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией, а также критериями с плавающими коэффициентами и корректируемой обратной связью целевого дерева траектории динамического агента. Особенностью является использование в качестве целевой функции модели матрично-иерархической системы организации и сопоставления государственных стандартов и индивидуальных траекторий;

– алгоритмы системы поддержки управления при формировании программ индивидуальных траекторий на основе механизмов адаптации унифицированного поля критериев при изменении внешней среды с использованием показателей изменений характеристик агентов-игроков.

**Теоретическая и практическая значимость работы** определяется способностью разработанной системы поддержки управления формировать вариативные временные индивидуальные траектории, учитывающие изменения внешней среды в произвольные моменты времени с фиксацией узловых точек на обратных целевых деревьях.

**Методология и методы исследования.** Для решения поставленных в работе задач используются методы теории управления, элементы теории целевого управления и механизмов обратных задач, теория множеств, концептуальное моделирование.

**На защиту выносятся:**

1) модель формирования индивидуальных траекторий на обратных целевых задачах с корректируемыми узлами, основанная на корректируемой обратной связи целевого дерева траектории агентов-игроков;

2) модель сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией, основанная на критерии с плавающими коэффициентами, позволяющая формировать матричную систему организации и сопоставления государственных

стандартов и индивидуальных траекторий обучения;

3) алгоритмы информационно-аналитической системы поддержки управления для обеспечения процессов формирования программ индивидуальных траекторий на основе встроенных механизмов адаптации поля критериев внешней среды с использованием показателей изменений состояния обучаемых.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Обоснованность научных суждений и выводов, сформулированных в работе, обусловлена корректным применением указанных методов исследования. Достоверность подтверждается успешным практическим применением результатов диссертационной работы.

**Материалы диссертационной работы реализованы:**

– при выполнении научно-исследовательской работы на тему: «Моделирование программной среды поддержки иерархической системы управления образовательными структурами МЧС России»;

– в учебном процессе Академии Государственной противопожарной службы МЧС России при подготовке фондовой лекции по дисциплинам «Методология научных исследований» и «Информационные технологии в науке и образовании»;

– при проведении исследований в соответствии с планом научной работы в РГУ «Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан» (2015, 2018 гг.);

– при планировании основной образовательной программы учебного процесса, а также при формировании структуры и системы управления подготовкой магистров по направлению «Пожарная безопасность» в РГУ «Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан»;

– при планировании образовательных программ подготовки кадрового состава в Учебном центре МВД Республики Казахстан (г. Костанай);

– на курсах специальной подготовки, переподготовки и повышения квалификации сотрудников в области гражданской защиты в Региональном учебном центре ГУ «СП и АСР» ДЧС Актюбинской области.

В основу работы положены результаты, полученные автором в ходе исследований, проводимых по планам научно-исследовательских работ Академии Государственной противопожарной службы МЧС России в период 2016–2018 гг. На базе полученных результатов разработана модель и алгоритмы информационно-управляющей системы, обеспечивающие необходимым инструментарием информационных ресурсов орган управления образовательной среды для принятия решений.

Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения.

**Основные результаты работы доложены на:**

– международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016» (г. Москва, Академия ГПС МЧС России, 2016, 2017 гг.);

– международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуа-

ций» в Кокшетауском техническом институте КЧС МВД Республики Казахстан (2016, 2017 гг.);

– научно-практической конференции с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» в Воронежском институте ГПС МЧС России (2016 г.);

– межвузовских научно-практических конференциях «Пожарная и аварийная безопасность» и «Гуманитарные аспекты подготовки специалистов в области обеспечения безопасности жизнедеятельности» в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (2016 г.);

– международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» в Воронежском Государственном университете (2017, 2018 гг.) и т.д.

**Публикации.** По теме опубликовано 22 работы, в том числе 7 работ опубликовано в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК России, и получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Личный вклад автора.** В совместных публикациях основные результаты, связанные с разработкой моделей и алгоритмов системы поддержки управления образовательной средой магистратуры профильного учреждения с учетом критериев индивидуальных графиков обучаемых получены автором самостоятельно, при разработке программных продуктов автор принимал участие в построении алгоритмов и их программировании.

**Внедрение результатов работы.** Разработанные методы, модель, алгоритмы и информационное обеспечение реализованы при создании информационной системы поддержки принятия управленческих решений для обоснования комплектов контрольных заданий специальных дисциплин магистратуры вузов пожарно-технического профиля; при создании модулей системы организации индивидуальных графиков в условиях постоянных изменений контрольных задач и целевых условий, а также системы диагностики состояния обучаемых на контрольных точках траекторий.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержание работы изложено на 135 страницах текста, включает в себя 6 таблиц, 42 рисунка, список литературы из 129 наименований и 8 приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассматривается современное состояние принятой к рассмотрению проблемы и актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования. Приводится краткое изложение содержания и основных результатов диссертационной работы, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **главе 1 «Обзор и анализ существующих методов и подходов подготовки магистрантов разного профиля и уровня»** проводится анализ существующих систем подготовки магистрантов в РК и РФ, а также выбор необходимых для модели компонентов. Осуществляется синтез поставленных задач и

методов решения проблемной области. Производится выявление ключевых моментов.

На первом этапе проведен обзор и анализ существующего положения в сфере подготовки специалистов Республики Казахстан. Особый интерес вызвали профильные организации в связи с ошибочностью использования стандартных механизмов динамического внедрения изменений и невозможностью введения постоянных модификаций без вероятных негативных последствий. Одним из таких важных профильных направлений является пожарная безопасность. На данный момент можно проследить статистику подготовки кадров в профильных магистратурах Республики Казахстан (рисунок 1).

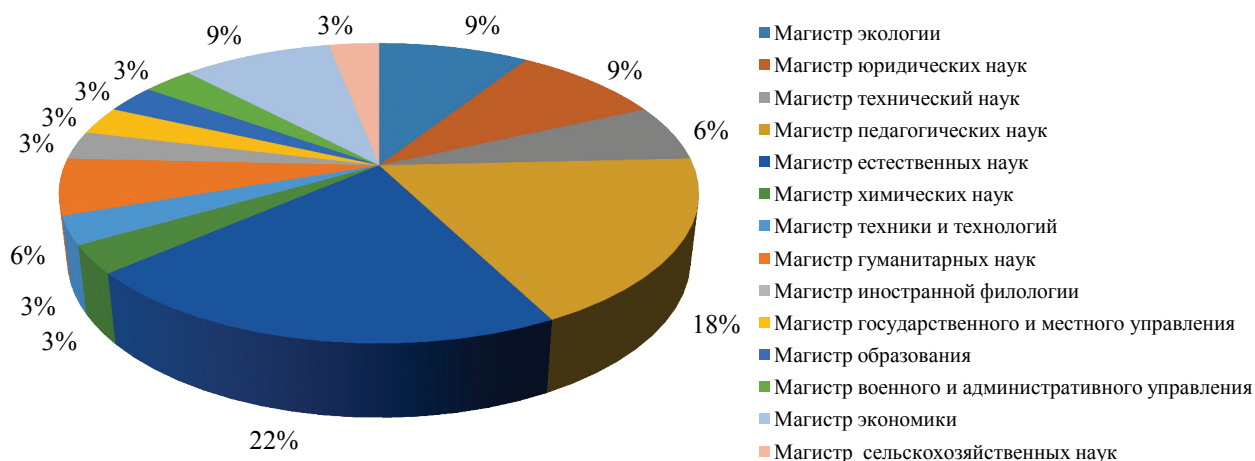


Рисунок 1 – Диаграмма процентного соотношения подготовки магистров в год

Также выполнен анализ текущего состояния острепененности преподавателей образовательных учреждений (рисунок 2) и анализ обучаемых во внешних образовательных учреждениях (рисунок 3).

Подводя итоги по текущему состоянию, можно утверждать, что количество обучаемых и подготовленных специалистов разного уровня не соответствует текущим требованиям рынка труда и соответствует незначительному показателю в процентном соотношении. При дальнейшем развитии такого сценария возможно падение производительности труда как промышленного сектора и сферы услуг, так и результативности специального сектора комплексной безопасности (в данном случае, пожарной безопасности).

В качестве решения поставленной проблемы многие известные и широко используемые научно-практические исследования предлагают массово внедрять в процесс обучения современные компьютерные технологии. Как следствие, проведен анализ текущего состояния существующих направлений внедрения информационных систем и технологий поддержки образования. Выявлена интересная закономерность, доказывающая, что сферы применения компьютерных средств поддержки процесса обучения гораздо шире, чем используемые только в учебных заведениях. Например, это могут быть промышленные предприятия, военные и гражданские организации, ведущие самостоятельную подготовку и переподготовку кадров.



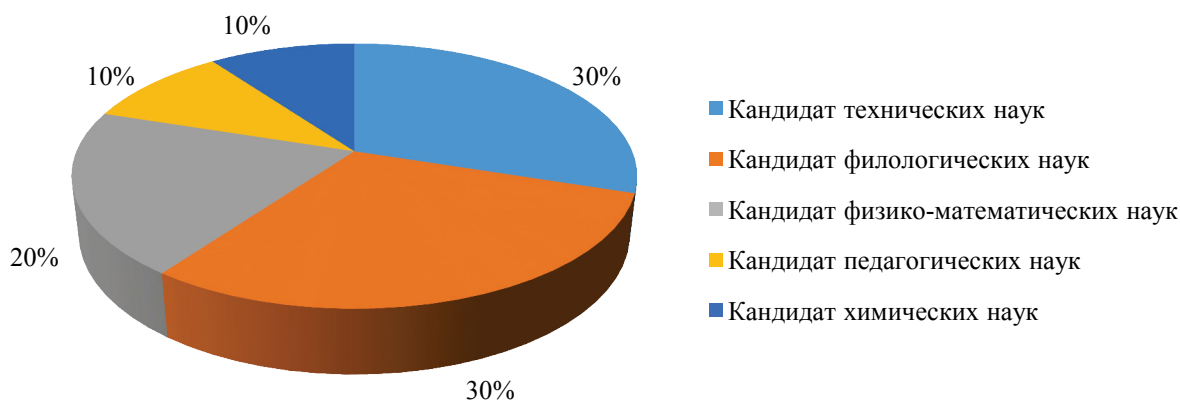


Рисунок 2 – Диаграмма процентного соотношения остепененности преподавателей

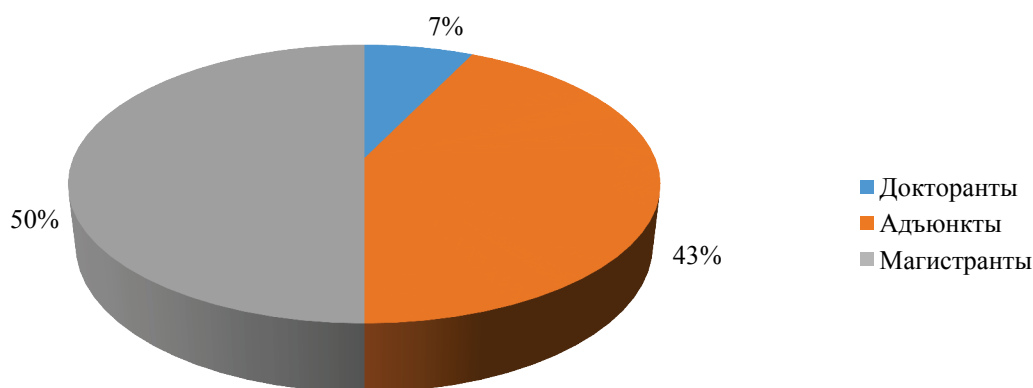


Рисунок 3 – Диаграмма процентного соотношения обучаемых

Кроме того, во многих странах стало уже стандартом снабжать новые технологии компьютерными обучающими системами, упрощающими процесс внедрения. Часто разработку адаптивного компьютерного продукта учебного назначения считают дорогостоящим в силу высокой научной составляющей и необходимости комплексной работы высококвалифицированных специалистов. Тем не менее многие организации финансируют проекты разработки компьютерных учебных систем. Дальнейший анализ показал, что современные тренды разработки и использования компьютерных средств поддержки обучения развиваются по двум направлениям. Первое опирается на идеи поэтапного обучения, разрабатываются автоматизированные обучающие системы (АОС) по учебным дисциплинам. Например, АОС являются системы, позволяющие преподавателю вводить учебный материал в базу, программировать с помощью специальных языков или других средств алгоритмизации обучения. Представителями АОС являются: *Private Tutor*, *LinkWay*, *Costoc*, АДОНИС, АСОК, УРОК и др. Второе направление компьютеризации обучения является компьютеризация отраслей профессиональной деятельности (науки, техники, экономики и др.) – отдельные программы, пакеты программ, элементы автоматизированных систем (АСУ, САПР, АСНИ, АСУП и др.), предназначенные для автоматизации расчетов, оптимизации, исследования свойств объектов и процессов на математических моделях и т. п. Применение программных систем в учебном процессе носит более массовый характер, чем использование универсальных АОС.

Среди многочисленных работ по адаптации отраслевых программных разработок для целей обучения определенной системностью выделяются работы по созданию учебно-исследовательских САПР и АСНИ. Так же выявлено, что современные широкомасштабные информационные системы обучения представляют, в основном, сетевые информационные среды обучения, которые могут быть реализованы как при дистанционном обучении, так и при очной форме. Тем не менее, как показали результаты исследований, практически не существует информационных систем, позволяющих координировать индивидуальные траектории обучения в профильных магистратурах.

В качестве решения разработана модель системы поддержки управления, способной «подсказывать» варианты решений при построении траекторий на этапах жизненного цикла магистратуры по выбранному профилю (рисунок 4).

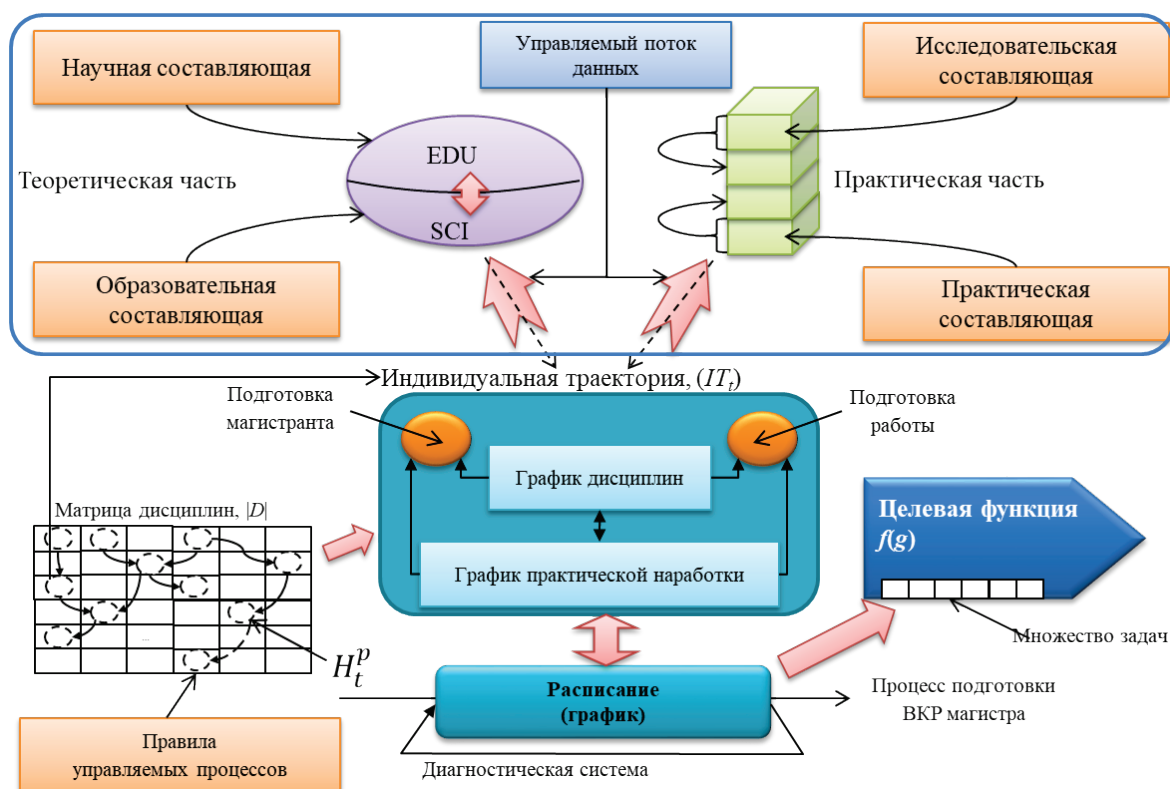


Рисунок 4 – Схематическое представление модели системы поддержки управления профильной магистратурой

Предполагаются следующие основные моменты реализации представленной модели:

- 1) внедрение в основной процесс формирования профильной магистратуры целевой функции  $f(g)$ , построенной на индивидуальных траекториях обучаемых ( $IT_i$ ), что позволит избегать ошибок тиражирования комплексных знаний без предварительной систематизации требований выпускной работы;
- 2) разработка индивидуальной матрицы дисциплин  $|D|$  с использованием метода сквозного проекта, что позволит устанавливать контрольные точки всех обязательных для обучения предметов магистратуры в рамках решаемых итоговых задач;

3) встраивание строго иерархичной системы последовательной задачи в итоговую функцию траектории обучения ( $H_t^p$ , где  $p$  – уровень иерархии), что позволит обучаемым на каждом этапе получать полную достоверную информацию по текущему состоянию.

В работе предлагается внедрить в процесс формирования магистратуры целевую модель, построенную на подходе индивидуальной траектории обучаемых, что позволит избежать ошибки поставки комплексных знаний без систематизации результатов выпускной квалификационной работы. Использование метода проекта в основе матрицы дисциплин позволит проводить контрольные точки всех предметов магистратуры в рамках решаемых итоговых задач. Встраиваемая система последовательной задачи в целевую функцию позволит обучаемым на каждом этапе получать полную достоверную информацию по своему текущему состоянию. Использование алгебраических правил в основе иерархии проектной деятельности позволит устранить эффект избыточности, что, в свою очередь, позволит повысить коэффициент своевременности получаемой информации. В совокупности, применяемые методы позволяют существенно упростить процесс принятия управленческих решений при подготовке магистратуры для новых направлений и сопровождения текущих.

Представленные особенности позволяют поставить новые требования к формированию комплексной модели разрабатываемой системы поддержки управления, способной строить графики индивидуальных траекторий с учетом постоянно изменяющихся критериев и задач целевых функций.

**В главе 2 «Моделирование системы поддержки управления при формировании индивидуальных траекторий обучаемых специального профиля»** проводится моделирование системы формирования индивидуальных траекторий на обратных целевых задачах с корректируемыми узлами, модель сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией и матричная система организации и сопоставления федеральных стандартов и индивидуальных траекторий.

В качестве основной модели формализации графиков индивидуальных траекторий ( $P$ ) используется адаптированный механизм ветвления в виде двух двудольных графиков, где второй траекторией является обратная целевая функция с множеством  $Q$  контрольных узловых точек иерархического дерева (графа). Уровни иерархии соответственно обозначены коэффициентами и (рисунок 5).

Предположим, что множества исходных данных в графах обозначены  $X$  и  $Z$ , где значения элементов определяются путем формирования процессов для создания очередной связи графа  $R \rightarrow V$  и  $L \rightarrow F$  соответственно, где  $X = \{x_{rv}, R, V\}$  и  $Z = \{z_{lf}, L, F\}$ .

Тогда множество решений в ключевых узловых точках графов (при сопоставлении точек графа) можно определить, как

$$Z^{c(3)} = \{z_{vf}^{c(3)}, V, F, c(3) = (U, D, A) = \{-1, 1, 0\}\}, \quad (1)$$

где  $c(3)$  – составной параметр, определяющий конкретный способ описания набора решений, состоящий из атрибутивных параметров  $U, D, A$ ;  $U$  – множество процессов,  $D$  – множество элементов и  $A$  – матрица смежности, состоящая из входящих/выходящих или промежуточных переменных задачи.

При этом следует учесть, что для каждого параметра допустимы только три состояния: «+1» – исходящий, «-1» – результат и «0» – не используется, что соответствует требованиям корректирующего коэффициента механизма «ветвления и границ». С учетом терминологии целевую функцию можно представить в виде

$$N = \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R |x_{rv}|(1 - |x_{r+1,v}|) + \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R |x_{rv}|(1 - |x_{r+1,v}|) \sum_{f=1}^F (kz_{vf}^c + lz_{vf}^3), \quad (2)$$

где  $k, l$  – коэффициенты, необходимые при переходе от элементной формы обработки к фасетной (коэффициенты задают привязку к конкретному иерархическому дереву решений);  $z_{vf}^c, z_{vf}^3$  – параметры, определяющие связь соответственно с элементами и массивами данных.

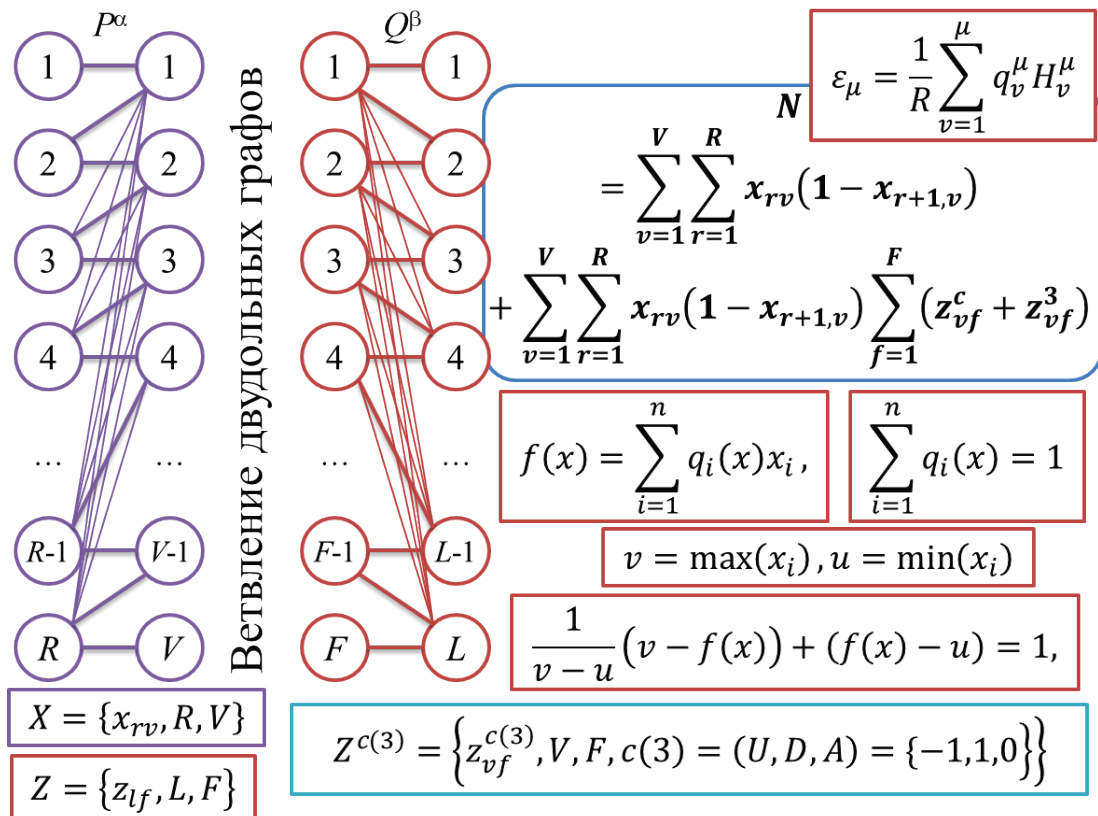


Рисунок 5 – Синтез индивидуальной траектории и иерархии целевой задачи

Достижение конечной цели возможно только в том случае, если на каждом этапе проводится оценка решения задач для параллельного ветвления:

$$\varepsilon_\mu = \frac{1}{R} \sum_{v=1}^\mu K[q_v^\mu H_v^\mu], \quad (3)$$

где  $\varepsilon_\mu$  – оценка решения задач на уровне иерархии,  $R$  – ограничение на количество вариантов решений,  $q_v^\mu$  – элемент дерева  $Q$  распределения по массивам вариантов решений,  $H_v^\mu$  – уровень иерархии,  $\mu$  – показатель уровня иерархии эле-

мента дерева,  $K$  – множество необходимых коэффициентов матричной формы обработки решений.

Существенным отличием модели является использование вместо стандартного механизма согласования решений в узлах модификации модели механизмов согласования в случае наличия двух альтернатив, где основное условие приоритетности решений определяется как:

$$\begin{cases} \frac{1}{v-u}(v - f(x)) + (f(x) - u) = 1; \\ v = \max(x_i), u = \min(x_i); \\ f(x) = \sum_{i=1}^n q_i(x)x_i, \sum_{i=1}^n q_i(x) = 1, \end{cases} \quad (4)$$

где  $u$  и  $v$  – элементы, задающие границы решений,  $f(x)$  – функция, определяющая комплекс решений для достижения итоговой цели,  $x_i$  – параметр, задающий исходные приоритеты.

На основе полученного описания целевой функции с корректирующими коэффициентами сформирована целевая функция строго иерархичной системы последовательной задачи, представленная в форме модели сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией (рисунок 6).

Особенностью полученной функции является то, что критерий осваиваемости дисциплин использован в качестве исходной функции, но изменен, так как учтены особенности процесса обучения в профильной магистратуре:

$$P_{\text{осв}} = \frac{N(t-t_0)}{t \sum r} (1 + \sum_i f_i)(1 + [0,6U]), \quad (5)$$

где  $P_{\text{осв}}$  – основной критерий осваиваемости целевой программы на основе анализа состояния ключевых параметров.

В этой формуле непредопределенная функция  $r$  (количество тем для изучения) заменена на сумму ряда последовательно изучаемых дисциплин  $t \sum r$ ,  $\tau$  (возможный период обучения) – заменен на заранее преопределенный интервальный период  $(t - t_0)$ ,  $\nu$  (частота посещения занятий) в форме вероятностной оценки заменена на периодическую, оцениваемую согласно статистическим данным  $N$ ,  $f$  (финансовая обеспеченность) в форме сводного показателя заменена на сумму ряда финансовых источников  $\sum_i f_i$ . Коэффициент при  $U$  (возможность удаленного доступа к ресурсам образовательного процесса), заменен в связи с учетом особенностей возможного дистанционного обучения в разные периоды времени с привлечением приглашенного преподавательского состава.

$$P_{\text{осв}} = \frac{v\tau}{r} (1 + f)(1 + 0,2U) \rightarrow P_{\text{осв}} = \frac{N(t - t_0)}{t \sum r} (1 + \sum_i f_i)(1 + [0,6U]) \quad (6)$$

$r$  – количество тем для изучения,  $\tau$  – возможный период обучения,  $v$  – частота посещения занятий,  $f$  – финансовая обеспеченность,  $U$  – возможность удаленного доступа к ресурсам образовательного процесса

$$Q = \sum_{i=1}^N \left( Q_i^{\text{баз}} - \sum_{j=1}^r c_j f_{ij} \right)^2 - \frac{1}{\alpha} \left( \sum_{k=0}^r c_k - \tau v \right)^2 \quad (7)$$

$\alpha$  – настроечный параметр

$$Q = \sum_{i=1}^k (Q_i^{\text{баз}} - Q_i^{\text{инд}})^2 \rightarrow \min \quad (8)$$

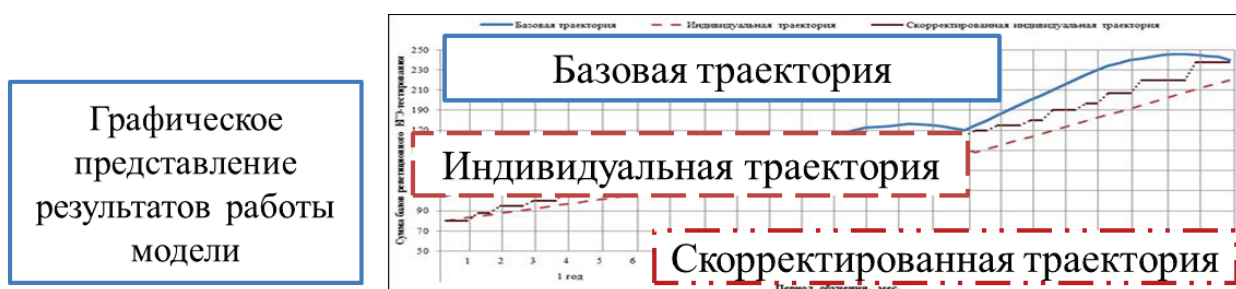


Рисунок 6 – Модель сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией

Как следствие, учет базовой траектории, охватывающей процесс обучения группы в целом, неважен на начальной стадии. Тогда функцию траектории можно представить в виде

$$Q = \sum_{i=1}^N (Q_i^{\text{баз}} - \sum_{j=1}^r c_j f_{ij})^2, \quad (9)$$

где  $Q_i^{\text{баз}}$  – значения базовой траектории по каждой из тем;  $c_j$  – количество часов по каждой теме;  $f_{ij}$  – значение  $j$ -й функции при значениях независимых переменных в  $i$ -м эксперименте.

При заданном ограничении:

$$Q = \sum_{i=1}^k (Q_i^{\text{инд}})^2 \rightarrow \min, \quad (10)$$

где  $k$  – максимальное количество задаваемых траекторий;  $Q_i^{\text{инд}}$  – значения индивидуальной траектории по каждой из тем.

В результате общую схему взаимодействия двух независимых двудольных графов можно представить как поэтапное заполнение блоками целевого проекта, что соответствует методу сквозного проекта (рисунок 7).

Основной идеей является то, что магистранты обучаются по индивидуальной траектории (согласно целевой задаче), с одной стороны, с другой – обучаются и в группах. В то же время каждый обучаемый имеет собственный набор ключевых (контрольных) заданий по специальным дисциплинам, обеспечивающие элементы (блоки) итогового проекта. Так как изначально строится дерево

дисциплин, то последовательность изложения информации в выпускной квалификационной работе (ВКР) обеспечено иерархией последовательности изложения дисциплин.

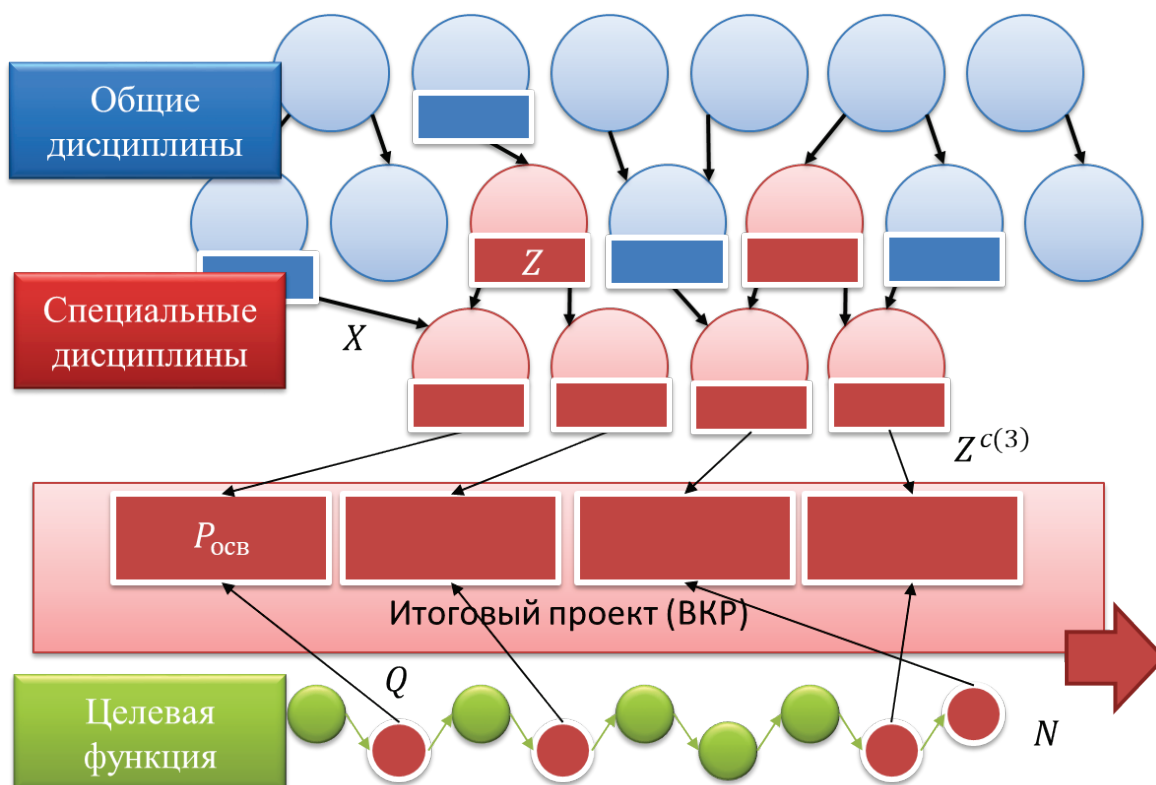


Рисунок 7 – Сопоставление иерархии дисциплин и целевого проекта

На предварительном этапе, для определения промежуточных и итогового коэффициентов корректируемой обратной связи целевого дерева траектории, для каждого потока обучаемых строится логическая схема получения знаний. Предполагается, что на основе иерархии компетентностных моделей проводится оценка состояния дисциплин ( $Q$ ) индивидуальных траекторий целевой функции (рисунок 8).

Данная технология позволяет устранять такие проблемы, как несогласованность получаемых в контрольных точках решений (коллизий), что способствует большей гибкости построенных иерархий, а также учета альтернативных вариантов в узловых точках. Более того, устранение коллизий такого рода способствует эффекту адаптивности управления при случайном вмешательстве в основной жизненный цикл системы внешнего (стороннего) управления независимым источником.

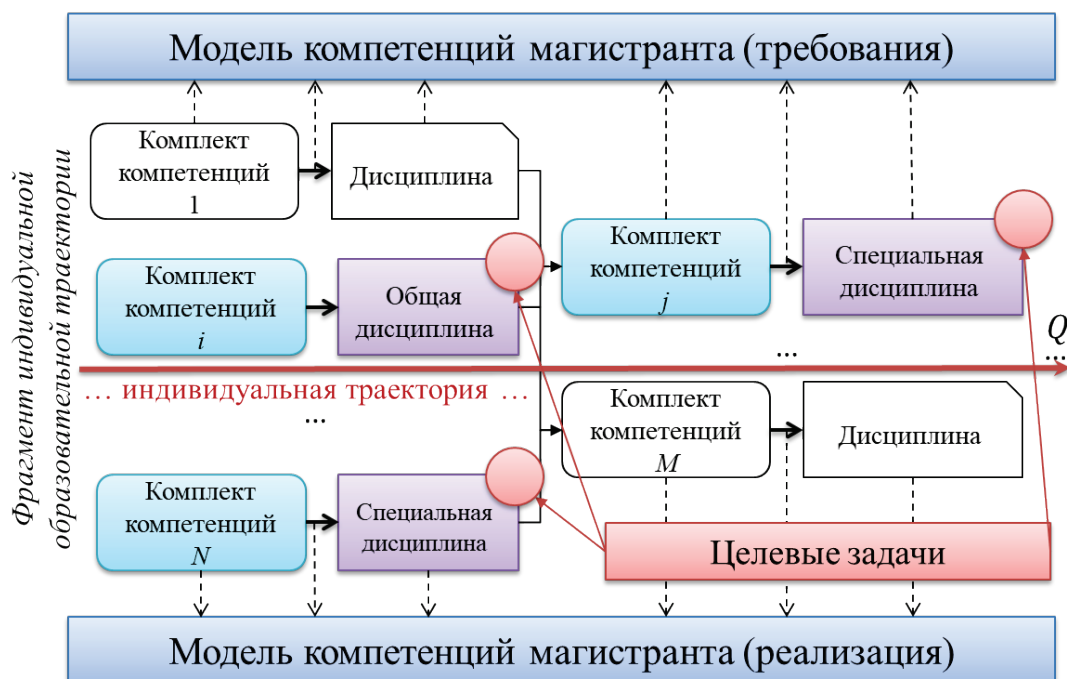


Рисунок 8 – Корректируемая обратная связь целевого дерева траектории

Для объединения приведенных моделей в единую систему предложено использовать фасетный метод организации управления на основе матрицы дисциплин. Данная технология широко используется в корпоративных системах при формировании матриц ответственности, где синхронизируются ключевые в траекториях задачи и игроки-исполнители (рисунок 9).

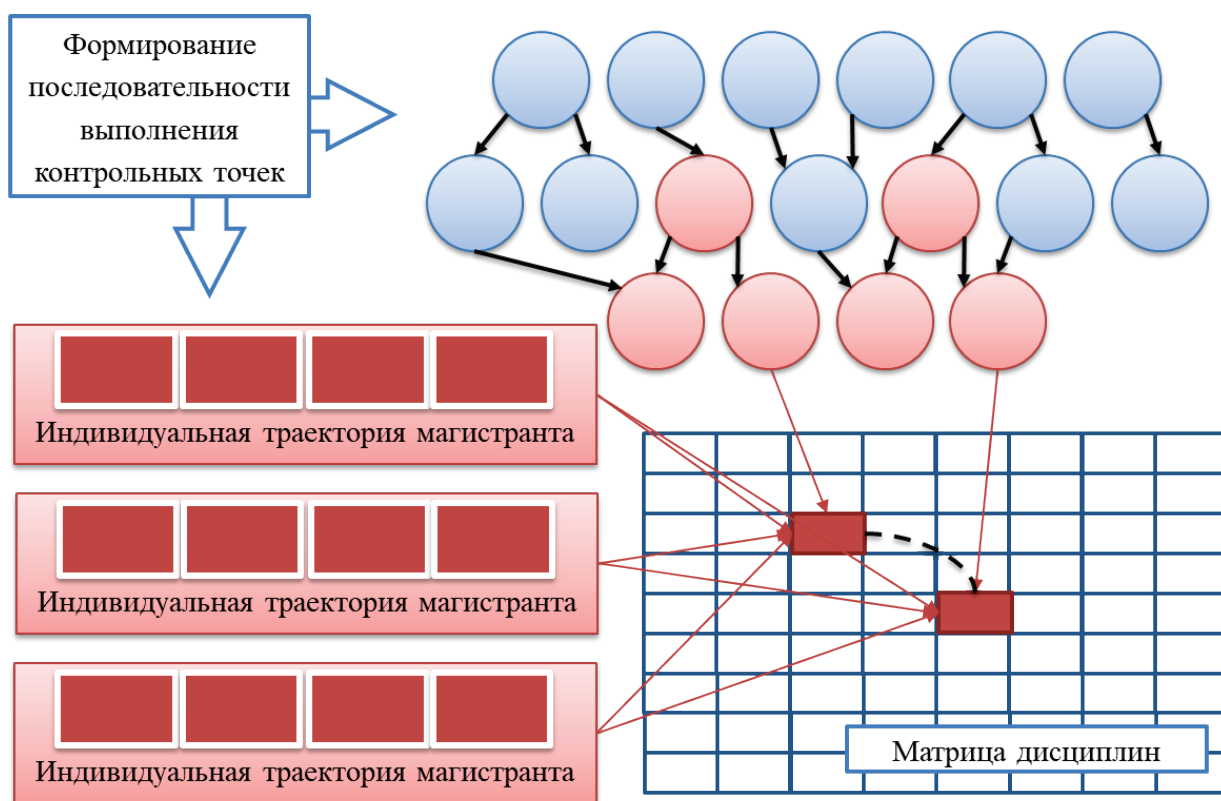


Рисунок 9 – Матричная система организации и сопоставления



Таким образом, показано, что представленные в главе методы моделирования индивидуальных траекторий имеют общее формальное основание, которое сводится к фасетной организации данных. Следовательно, механизм обоснованного формирования графиков (графов) траекторий обучения магистрантов вполне реализуем.

**В главе 3 «Алгоритмы системы поддержки управления при формировании программ индивидуальных траекторий»** приводится описание особенности программно-алгоритмической реализации компонентов модели с учетом специфики профильных вузов Республики Казахстан, алгоритмы реализации ключевых моментов разработанной системы поддержки управления, а также процесс разработки информационно-управляющей системы поддержки деятельности направлений магистратуры вузов специального профиля.

Для учета в процессе обучения в магистратуре изменений (на основе результатов исследований) необходимо внедрить обновленную технологию, основанную на описательных принципах аналитики, апробированных в принципиально новой методологии учебного процесса образовательной среды:

1. Построение целевых деревьев для потоков профильных групп процесса обучения. Основывается на построении обратных целевых деревьев, что помогает формировать не только вариативные версии возможных решений, но и следовать поставленной цели;

2. Не адаптивность ядра процесса обучения, основанное на аксиоматической составляющей заложенного метаязыка. Основной целью является этапная подготовка составных элементов ВКР. Заложенный механизм позволяет учащимся не только теоретически изучать материал, но и на примере стать частью целевой проектной деятельности, подводящей к целевому решению;

3. Методология И<sup>3</sup>, или всесторонний анализ обстановки за короткий промежуток времени. Используется специалистами техносферной безопасности при проектировании ключевых узлов аналитического процесса (и аналогичных) на долгосрочный период с учетом возможного развития и модификации, что является основным условием при построении прогнозов состояний системы;

4. Синтез множества вариантов от целевой задачи в рамках заранее не predetermined ограничений. Основывается на одномоментном всестороннем оперативном анализе. Предложенный механизм используется при работе с социальной средой как в режиме ЧС, так и в мирное время.

На третьем этапе разработан алгоритм реализации ключевых моментов модели, включающий вновь вводимые процессы (определение модели компетенций магистранта и набора предшествующих дисциплин с возможностью сопоставления в виде набора обязательных и вариативных дисциплин) и формирование модели индивидуальных траекторий (рисунок 10).

Основные шаги алгоритма:

1. Определить начальный вариант компетентностной модели магистранта на основе целевых требований;

2. Определить набор дисциплин, которые освоены заблаговременно, до построения индивидуальной образовательной траектории. Процедура необходима

для формирования возможных связей между предшествующими, освоенными дисциплинами, и набором дисциплин, из которых будет сформирован новый учебный план;

3. Составить набор дисциплин, которые обязательно войдут в учебный план. Для этого анализируется набор дисциплин, вошедших в предыдущий (изученный) учебный план, на предмет связи с не вошедшими дисциплинами. Кроме того, включить в список дисциплины, которые не имеют связей с предшествующими и которые необходимо начать изучать.

Если осуществлен переход на следующий шаг, то проанализировать связи между специальными дисциплинами и дисциплинами, которые могут быть включены в учебный план, а также включить дисциплины, к изучению которых обучающиеся должны приступить в данном семестре;

4. Составить набор дисциплин, которые могут быть включены в учебный план. Для этого необходимо сопоставить компоненты компетентностной модели магистранта с первоначальными требованиями к каждой дисциплине. Вхождение дисциплин в учебный план будет определяться по факту попадания в решение модели, согласно целевой функции;

5. Составить модель, множеством неизвестных которой будет набор дисциплин текущего шага;

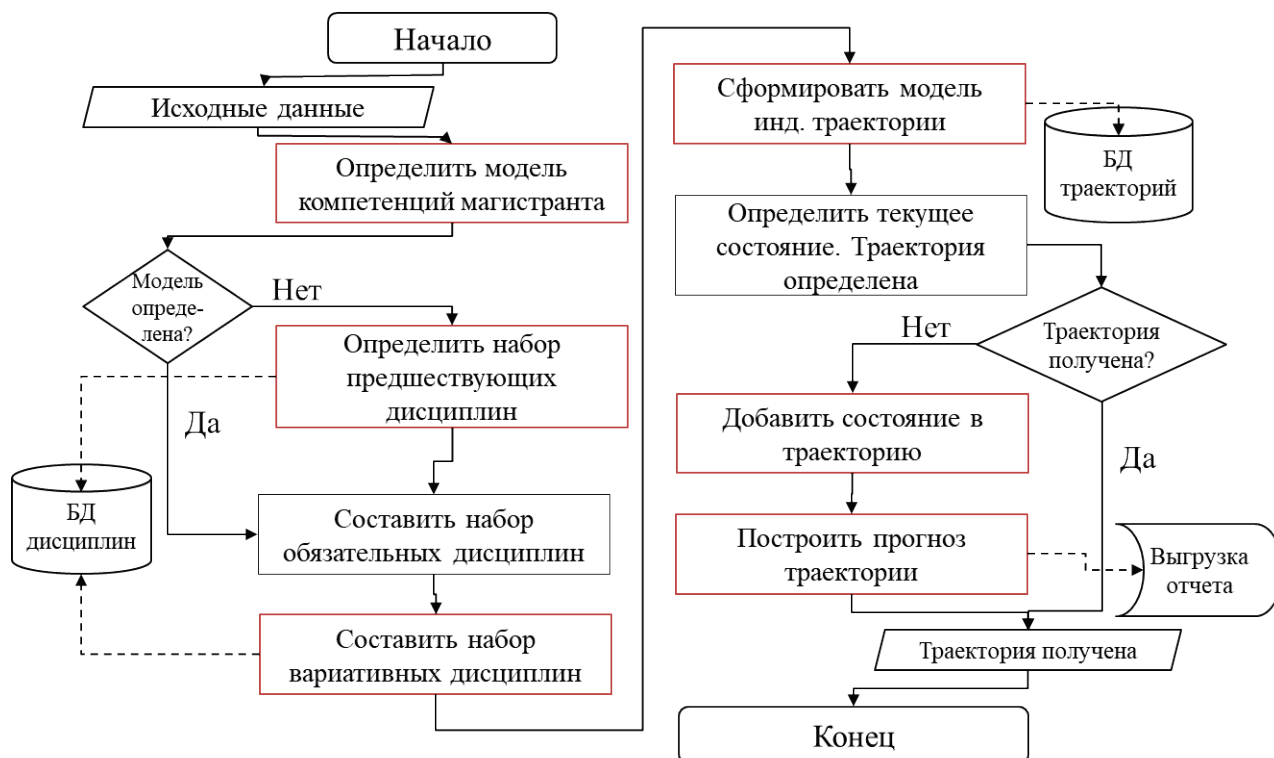


Рисунок 10 – Алгоритм реализации разработанной системы

Критерием является максимизация суммы оценок дисциплин, где коэффициент представляет собой оценку в балльной форме, отражающую значимость дисциплины для конкретного направления подготовки. Ограничения, накладываемые на модель, складываются из требований ФГОС (Федеральный Государственный образовательный стандарт): максимальное и минимальное количество часов/кредитов, отводимое на дисциплины; максимальное и минимальное

количество часов/кредитов, отводимое на базовые дисциплины; максимальное и минимальное количество часов/кредитов, отводимое на вариативные дисциплины; количество дисциплин, экзаменов, зачетов. При составлении модели необходимо скорректировать систему ограничений с учетом дисциплин, которые включены в учебный план на предыдущем шаге;

6. Получить решение сформулированной на предыдущем шаге целевой задачи. Если решение принято, то выполняется следующий шаг, если – нет, то алгоритм заканчивает работу по построению индивидуальной образовательной траектории из-за недостатка ресурсов;

7. Пополнить модель индивидуальной траектории магистранта целями дисциплин, вошедших в учебный план. Завершить выполнение алгоритма, если все требования удовлетворены.

Результатом этапа становится элемент плана, а результатом выполнения алгоритма в целом является индивидуальная образовательная траектория. Представленный алгоритм обеспечивает процесс построения индивидуальной образовательной траектории с точки зрения соответствия требованиям управляющих воздействий.

В качестве примера реализации модели, разработана система ведения учетных сведений по индивидуальным траекториям профильных магистров профильных образовательных учреждениях (рисунок 11).

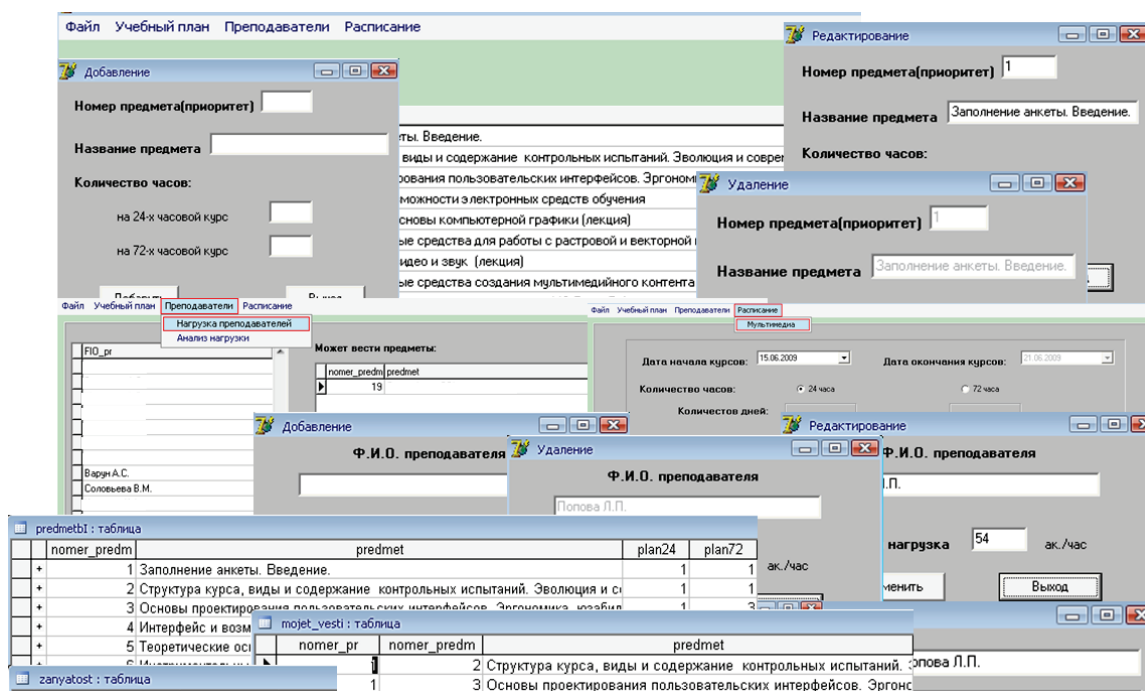


Рисунок 11 – Примеры интерфейса разработанного программного приложения

Таким образом:

– разработан алгоритм построения индивидуальной траектории подготовки магистранта с учетом функции влияния целевых задач, а также модели освоения дисциплин, позволяющий поэтапно благодаря введенным корректирующим критериям минимизировать отклонения индивидуальной траектории от базовой.

– спроектирована и разработана информационно-управляющая система проектирования индивидуальной образовательной траектории, позволяющая:

- автоматизировать процесс проектирования индивидуальных образовательных траекторий;
- выявить возможные пробелы путем сравнения двудольных графов модели.

Результаты, полученные в диссертации, апробированы на практике. Акты внедрений приведены в приложении к диссертации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Проведен анализ современного состояния системы управления подготовкой магистров в вузах России и Казахстана и моделей систем организации и управления подготовкой магистров профильных вузов, ориентированных на современные государственные образовательные стандарты. Анализ показал, что современные методы обучения не учитывают возможность индивидуального обучения в профильной магистратуре.

2. Разработаны адаптированные под пожарно-технический профиль модель и алгоритмы системы поддержки управления, основанные на механизмах систематизации индивидуальных траекторий и корректируемой обратной связи целевой функции группового обучения, позволяющие осуществлять процесс адаптации вновь вводимых изменений в эволюционном режиме, способствующие:

– подготовке и обучению высококвалифицированных магистров пожарно-технического профиля, а также дальнейшему повышению квалификации экстерном преподавателей и специалистов;

– переходу на новую систему обучения как с использованием механизмов синтеза классической формы группового обучения магистров, так и по индивидуальной траектории профильных специалистов.

3. Разработана модель сопоставления индивидуальных траекторий с целевой функцией, а также критериями с нефиксированными коэффициентами и корректируемой обратной связью целевого дерева траектории агента-игрока.

4. Разработаны алгоритмы системы поддержки управления при формировании программ индивидуальных траекторий на основе механизмов адаптации унифицированного поля критериев при изменении внешней среды с использованием показателей изменений характеристик агентов-игроков. Использование полученной модели в практической деятельности вузов пожарно-технического профиля позволяет формировать индивидуальные траектории обучения магистрантов в зависимости от тематического направления потоков и постоянно изменяющихся требований на уровне компетенций обучаемых со стороны государственных стандартов.

5. Использование модели в виде методических указаний позволяет переформатировать сопровождающую документацию в соответствии с новыми положениями без нарушения целостности предыдущих состояний, а также жизненного цикла основного учебного процесса.

6. Разработанные алгоритмы внедрения и адаптации модели формирования

индивидуальных траекторий, основанные на фасетной системе организации данных, позволяют встраивать модель в эволюционном режиме, что является одним из основных требований при организации учебного процесса в профильных вузах.

7. Разработанное программное обеспечение поддержки управления позволяет:

- формировать групповое расписание потоков профильной магистратуры, учитывая индивидуальные траектории обучаемых, на основе графиков работы преподавателей и организации работы со срезами расписания;

- контролировать качество сформированного расписания через визуализацию графиков загруженности обучаемых, занятость преподавателей, распределение аудиторного фонда и автоматическую расстановку кабинетов с учетом предметной специализации или закрепления за преподавателями и профильными направлениями;

- проводить оперативное ведение расписания с возможностью осуществлять замены занятий с регистрацией в журналах;

- проводить диагностику состояния, анализировать полученные результаты, корректировать графики с возможностью гибкого изменения траекторий на произвольном участке обучения;

- сопровождать деятельность преподавателя-куратора в направлении подготовки индивидуальных выпускных квалификационных работ при наполнении необходимым контентом на базе приобретенных знаний.

#### **Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК:**

1. Аманкешулы, Д. Особенности проектирования системы анализа нагрузки преподавателей магистратуры / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов, С.Д. Шарипханов, Н.Ю. Рыженко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. - Вып. 2(66). – С. 265–273. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/36-02-16.ttb.pdf>.

2. Аманкешулы, Д. Технологии этапной подготовки экспертов-аналитиков техносферной системы безопасности / Д. Аманкешулы, А.А. Рыженко, С.Е. Губенку // Технологии техносферной безопасности. – 2016. - Вып. 6 (70). – С. 122–128. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-6/35-06-16.ttb.pdf>.

3. Аманкешулы, Д. Информационная система подготовки документации к сессии профильной магистратуры / Д. Аманкешулы, Н.А. Матвеев, С.С. Аганов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2017. – № 1 (41). – С. 101–109. URL: [https://igps.ru/Content/publication/documents/Проблемы%20упр.%201-17\\_636289744035058593.pdf](https://igps.ru/Content/publication/documents/Проблемы%20упр.%201-17_636289744035058593.pdf).

4. Аманкешулы, Д. Совершенствование системы подготовки кадров высшей квалификации для органов гражданской защиты Республики Казахстан / Д. Аманкешулы, К.Ж. Раимбеков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 1. – С. 11–14.

5. Аманкешулы, Д. Оптимизация учебного процесса по курсу «Управление рисками чрезвычайных ситуаций» / Д. Аманкешулы, К.Ж. Раимбеков,

А.Б. Кусаинов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2017. – Вып. 2 (72). – С. 55–60. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/10-02-17.ttb.pdf>.

6. Аманкешулы, Д. Особенности в подготовке специалистов гражданской защиты по многоуровневой системе обучения / Д. Аманкешулы, К.Ж. Раимбеков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 2. – С. 85–88.

7. Аманкешулы, Д. Модель поддержки управления подготовкой магистров в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов, Н.Ю. Рыженко // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – № 6 (27). – С. 31–44.

### **Свидетельства Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ:**

8. Аманкешулы, Д. Информационная система анализа нагрузки преподавателей профильной магистратуры / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов, К.Ж. Раимбеков, А.А. Рыженко // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – Москва, 2017. – № 2017614928 от 02.05.2017.

9. Аманкешулы, Д. Информационная система подготовки документации к сессии профильной магистратуры / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов, Н.Ю. Рыженко, С.Д. Шарипханов, // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – Москва, 2017. – № 2017614962 от 02.05.2017.

### **Остальные публикации по теме диссертационной работы:**

10. Аманкешулы, Д. Моделирование системы подготовки магистрантов Республики Казахстан / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов // Гуманитарные аспекты подготовки специалистов в области обеспечения безопасности жизнедеятельности: сборник материалов Межвузовской студенческой научно-практической конференции, посвященной 50-летию ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России и Году пожарной охраны России. Иваново, 21 апреля 2016 г./ Сост. Р.Н. Канафиев, А.А. Лобова, А.А. Обрезков. – Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России, 2016. – С. 101–107.

11. Аманкешулы, Д. Моделирование системы поддержки управления магистратурой по специальному профилю / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов, С.Д. Шарипханов // Вестник Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан № 2 (22) – К.: КТИ КЧС МВД РК, 2016. – С. 61–67.

12. Аманкешулы, Д. Пример формализации процесса подготовки магистров вузов внутренних служб / Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 28–29 апр. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – С. 412–415.

13. Аманкешулы, Д. Целевое моделирование образовательной среды / Д. Аманкешулы, А.А. Рыженко // Моделирование и конструирование в образовательной среде: сборник материалов конференции/под ред. В.О. Белевцовой,

Е.А. Морозкиной, А.М. Королёвой, М.: Издательство ГБПОУ Московский государственный образовательный комплекс, 2016. – С. 149–154.

14. Аманкешулы, Д. Новый метод систематизированной обработки информации при планировании процесса обучения в ведомственной магистратуре / Д. Аманкешулы, С.Ю. Бутузов, С.Д. Шарипханов // Вестник Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан № 4 (24) – К.: КТИ КЧС МВД РК, 2016. – С. 72–83.

15. Аманкешулы, Д. Проектирование элементов информационно-управляющей системы поддержки магистратуры / Д. Аманкешулы, А.А. Рыженко, С.Ю. Бутузов, С.Д. Шарипханов // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Материалы VII Международной научно-практической конференции. 13–14 октября 2016 г. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2016 – С. 164–168.

16. Аманкешулы, Д. Этапы проектирования информационной системы поддержки управления магистратурой МВД Казахстана / Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. ст. по материалам VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 2 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – С. 395–397.

17. Аманкешулы, Д. Организация ведомственной магистратуры на индивидуальной траектории обучения / Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко // Пожарная и аварийная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. / под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И.А. Малого. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 468–470.

18. Аманкешулы, Д. Моделирование системы поддержки управления при формировании магистратуры открытого типа / Д. Аманкешулы, С.Д. Шарипханов, Н.Ю. Рыженко // Материалы 25-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 481–483.

19. Аманкешулы, Д. Примеры программных разработок сопровождения деятельности магистратуры ведомственных вузов / Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко, Н.А. Матвеев // Информатика в образовании: сборник материалов VIII школы-семинара, Воронеж, 9–10 февраля 2017 г. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2017. – С. 409–413.

20. Аманкешулы, Д. Особенности подготовки экспертов-аналитиков в сфере техносферной безопасности / Д. Аманкешулы, А.А. Рыженко // Полимерные материалы пониженной горючести. Материалы VIII Международной конференции. 5–10 июня 2017 г. – Алматы: Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, 2017 г. – С. 291–292.

21. Аманкешулы, Д. Особенности организации комплексной информационной системы образовательной среды ведомственных учреждений / Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко, Д.С. Шапошник // VII Всероссийская научная конференция «Теория и практика системной динамики» (Апатиты, 25 марта – 2 апреля 2017 г.). Материалы докладов. – Апатиты, КНЦ РАН, 2017. – С. 70–74.

22. Аманкешулы, Д. Новаторские принципы подготовки аналитиков ведомственной организации / Д. Аманкешулы, А.А. Рыженко, С.Е. Губенку // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 592–597.

23. Аманкешулы, Д. Моделирование информационной системы формирования индивидуальных траекторий обучения магистров пожарно-технического профиля / Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко // Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 7 т. / под редакцией Н.А. Тюкачева, А.А. Крыловецкого; Воронеж, Воронежский государственный университет, 8–9 февраля 2018 г. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2018. – Т. 5. – С. 131–136.

24. Amankeshuly, D., Ryzhenko, N.Yu. Modeling of the cognitive center of support of management of safety of large-scale objects. Theoretical & Applied Science. – 2018. – Issue 5, vol. 61. – P. 157–162. DOI: 10.15863/TAS.2018.05.61.25

Подписано в печать 20.09.2018. Формат 60×84 1/16  
Печать офсетная. Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 298  
Академия ГПС МЧС России. 129366 г. Москва, ул. Б. Галушкина,4