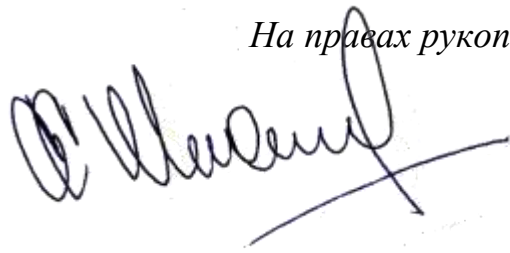


На правах рукописи



ШАПОШНИК ДАНИЛО СТЕПАНОВИЧ

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ОБУЧЕНИЕМ
В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Специальность: 05.13.10 –

Управление в социальных и экономических системах

(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2020

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

Научный руководитель: **Топольский Николай Григорьевич**,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры информационных технологий
учебно-научного комплекса автоматизированных
систем и информационных технологий
ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

Официальные оппоненты: **Сидорин Виктор Викторович**,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
руководитель Учебного центра Автономной
некоммерческой организации «Институт
испытаний и сертификации вооружения
и военной техники»

Родионов Евгений Григорьевич
кандидат технических наук, доцент

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

Защита диссертации состоится 20 января 2021 г. в 14.00 ч. на заседании 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/986/986fa9129a784a4ccdbd881c4c4bd156.pdf>.

Автореферат разослан 11 ноября 2020 г.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью в двух экземплярах просим направить в Академию Государственной противопожарной службы МЧС России по указанному адресу.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Р.Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Ежегодные результаты самообследования в виде унифицированных показателей, отображающих непрерывное развитие действующей системы образования, обосновывают актуальность использования новых правил организации профильного учебного процесса. В первую очередь необходимо учесть, что стандартизированная и широко используемая система этапного обучения с учетом постоянных изменений требований рынка труда и услуг в профессиональной деятельности часто не успевает за изменениями, а также, существенно уступает новой апробированной методике иерархической системы тиражирования знаний. Многолетняя международная практика показывает, что при использовании практико-ориентированного дуального подхода в существующей системе образования происходит совершенствование компетентностной модели каждого выпускника определенного профиля при неизменной групповой форме обучения. Также стоит учесть, что при этом общепрофессиональные показатели остаются неизменными для профильных обучаемых, что определяет существенное влияние на будущие специальности.

С другой стороны при внедрении и использовании новой модели организации образовательной среды в процессе обучения классическая технология тиражирования знаний должна претерпеть некоторые изменения без ущерба основному процессу.

Несмотря на утвержденные новые формы дуальной образовательной системы, предписанные российской учебной среде Болонским процессом с использованием методологии концепций Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), которые определяют процедуру перехода на практико-ориентированную форму обучения, основанную на европейских стандартах качества, системе высшего образования разрешено использовать собственные дополнительные профессиональные компетенции (ДПК). Данная ситуация, с одной стороны, связана с множеством проблем, определяемых новыми требованиями и целевыми указаниями, с другой – допускается некоторая свобода в принятии обоснованных решений согласно выбранному образовательному профилю. Дополнительными требованиями являются ненарушение действующего функционала основных процессов существующей образовательной среды, а также учет возможных возмущений в системе внешнего управления постоянно изменяющимися требованиями рынка труда и услуг.

В данных условиях важной задачей для многих образовательных учреждений стал поиск и дальнейшее использование новых моделей и алгоритмов, позволяющих внедрять предписанные новые формы обучения без нарушения действующих целевых указаний со стороны основного заказчика. Учет накопленного опыта позволил современной образовательной системе для каждого направления использовать собственные модифицированные наработки поддержки управления для организации процесса адаптации.

Образовательная среда направления подготовки в сфере пожарной безопасности не является исключением. Множество внедренных в основной

процесс обучения профессиональных практических задач не позволяют использовать предлагаемые новые методики без дополнительной адаптации и модификации.

Актуальность поставленной проблемной области позволяет определить основную тематику исследований: разработка модели и алгоритмов системы поддержки целевого управления, способной модифицировать и адаптировать процессы обучения в сфере пожарной безопасности в мягкой форме (эволюционный режим внедрения).

СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Вопросами профильного образования в учебных учреждениях МЧС России занимались: А.И. Овсяник, Н.Г. Топольский, Н.Н. Брушлинский, Е.А. Мешалкин, В.Л. Семиков, А.Н. Денисов, А.Н. Членов, С.Ю. Бутузов, Е.Г. Родионов и др.

Особенностям подготовки в новой форме обучения в российских вузах посвящены исследования В.В. Сидорина, 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.

Однако проблемы управления практико-ориентированным образовательным процессом в учебных заведениях пожарно-технического профиля до сих пор недостаточно изучены. Поэтому тема работы является важной и актуальной.

Таким образом, **ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ** является разработка модели и алгоритмов поддержки управления практико-ориентированным обучением в сфере пожарной безопасности. Для достижения поставленной цели в работе решены **задачи**:

- исследованы существующие методы и модели поддержки управления практико-ориентированным профильным обучением в сфере пожарной безопасности, систематизированы целевые формы проведения образовательной деятельности разного уровня и профиля;

- проанализированы существующие программные разработки, а также комплексные программы сопровождения управленческой деятельности образовательной среды в сфере пожарной безопасности;

- разработана матрично-иерархическая модель системы поддержки управления образовательной средой в сфере пожарной безопасности, формирующая гибкую форму потокового группового обучения в практико-ориентированной (дуальной) системе профильного образования с учетом целевого предназначения каждой группы обучаемых;

- разработаны алгоритмы адаптации к существующей профильной образовательной системе управления сформированной целевой модели основного заказчика на основе корректируемой обратной связи встроенного модуля самодиагностики состояния среды.

ОБЪЕКТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ является система целевого этапного управления подготовкой специалистов в сфере пожарной безопасности.

ПРЕДМЕТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ являются модели и алгоритмы поддержки управления практико-ориентированным обучением специалистов в сфере пожарной безопасности.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для решения поставленных в работе задач используются методы теории управления, элементы теории целевого управления, теория множеств, концептуальное моделирование, теория систем и системный анализ.

В основу диссертационной работы положены результаты, полученные автором в ходе исследований, проводимых по планам научно-исследовательских работ Академии Государственной противопожарной службы МЧС России в период 2013-2019 гг. На базе полученных результатов разработаны модель и алгоритмы информационной системы поддержки управления, обеспечивающей сопроводительным инструментарием информационных ресурсов органа административного управления образовательной среды при принятии решений.

НАУЧНУЮ НОВИЗНУ представляют полученные новые результаты, заключающиеся в разработке модели и алгоритмов поддержки управления, формирующей взаимосвязь между матрично-иерархической системой управления образовательным процессом и практико-ориентированной (дуальной) системой образования в сфере пожарной безопасности, в том числе:

– логико-алгебраическая комплексная модель поддержки управления, формирующая индивидуальные траектории подготовки специалистов в сфере пожарной безопасности групповой формы обучения на практико-ориентированном дуальном множестве задач корректируемой целевой функции с обратной связью;

– алгоритмы мягкой корректировки процессов системы поддержки управления образовательной дуальной средой профильного обучения без вмешательства в основной жизненный цикл этапной подготовки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ определяется способностью разработанной информационной системы поддержки управления формировать обоснованные решения по обеспечению непрерывного дуального практико-ориентированного процесса обучения в сфере пожарной безопасности в рамках целевых задач основного целевого заказчика, но с учетом вероятностных возмущений внешней и внутренней среды на основной образовательный процесс.

ДОСТОВЕРНОСТЬ полученных результатов определяется применением апробированных моделей, использованием материалов диссертационной работы:

– при планировании основной образовательной программы учебного процесса профильной кафедры Академии ГПС МЧС России;

– при организации учебного процесса учебного пункта федеральной противопожарной службы ФГКУ «6 отряд ФПС по Пензенской области»;

– при организации учебного процесса в Пензенском филиале ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского».

Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения (Приложение А диссертации).

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные результаты работы докладывались в Пензенском филиале ФГБОУ ВПО «РГУИТП» (на конференциях «Инновации в

науке, образовании и бизнесе» и «Молодежь. Наука. Инновации» в 2013-2014 гг.), в Академии ГПС МЧС России (на ежегодных научно-практических конференциях «Проблемы техносферной безопасности» и «Системы безопасности» в 2011-2018 гг.), в Кольском НЦ РАН (на конференции «Теория и практика системной динамики» в 2016 г.) и т.д.

ПУБЛИКАЦИИ. По теме диссертации опубликовано **13** научных работ, в том числе **4** работы опубликованы в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК Министерства образования и науки России, **1** монография, **3** работы опубликованы в единоличном авторстве, получено **2** свидетельства Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА. В совместных публикациях основные результаты, связанные с разработкой модели и алгоритмов системы поддержки управления образовательной средой профильного учреждения с учетом критериев дуальной системы образования получены автором самостоятельно, при разработке программных продуктов автор принимал участие в построении алгоритмов и дальнейшем программировании.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Разработанные модель и алгоритмы реализованы при создании информационной системы поддержки управления для организации профессиональной деятельности ведущего методиста профильного учебного заведения; при создании модулей системы диагностики индивидуального контроля знаний обучаемых.

НА ЗАЩИТУ ВЫНОСЯТСЯ:

1) результаты исследований существующих методов и моделей дуального обучения, систематизированных целевых форм проведения образовательной деятельности разного уровня и профиля, а также результаты анализа существующих программных разработок и комплексных программ сопровождения управленческой деятельности образовательной среды как государственного, так и ведомственного сектора;

2) матрично-иерархическая модель системы поддержки целевого управления, формирующая гибкую модель потокового дуального обучения с учетом целевого предназначения каждой профильной группы. Особенностью модели является встроенная логико-алгебраическая комплексная составляющая, формирующая индивидуальные целевые графики обучения специалистов в сфере пожарной безопасности на множестве задач с корректируемой обратной связью;

3) алгоритмы адаптации сформированной целевой модели к существующей системе управления на основе обратной связи диагностики состояния профильной образовательной среды. Особенностью модели являются встроенные элементы алгоритмов поддержки целевого управления практико-ориентированной системой образования в сфере пожарной безопасности без вмешательства в основной жизненный цикл этапной подготовки обучаемых.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, приложений. Общий объем работы – 140 страниц. Работа иллюстрирована 100 рисунками и 5 таблицами. Библиографический список включает 113 наименований.

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 «Анализ проблемной области существующих механизмов обучения европейской дуальной системы образования. Систематизация основных этапов профильного образовательного процесса»** проводится анализ существующих систем подготовки специалистов в сфере пожарной безопасности, как в образовательной среде РФ, так и во внедряемых европейских системах, а также выбор необходимых для построения адаптивной модели компонентов. Осуществляется синтез задач основного процесса подготовки специалистов и вновь внедряемых методов решения проблемной области, выявление ключевых моментов при адаптации новых методологий.

На первом этапе исследований проведен анализ статистики образовательной среды системы высшего образования МЧС России. Выявлена функциональная закономерность между коэффициентом трудозатрат на обеспечение образовательного процесса и показателем частоты изменения внешних корректирующих воздействий. Определены основные проблемные моменты при внедрении новых процессов обучения практико-ориентированной системы управления в образовательную среду в сфере пожарной безопасности, усложняющей процесс адаптации по ряду независимых причин (рис. 1).



Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма проблемной области образовательной среды в сфере пожарной безопасности

На основе полученной закономерности определены значимые факторы, влияющие на состояние обучения в сфере пожарной безопасности. Произведена классификация в форме причинно-следственных связей изменений в

действующей системе управления, получены характеристики и параметры факторов. Выделены необходимые элементы корректируемой обратной связи с использованием коэффициентов отклонений на основе самодиагностики (рис. 2).

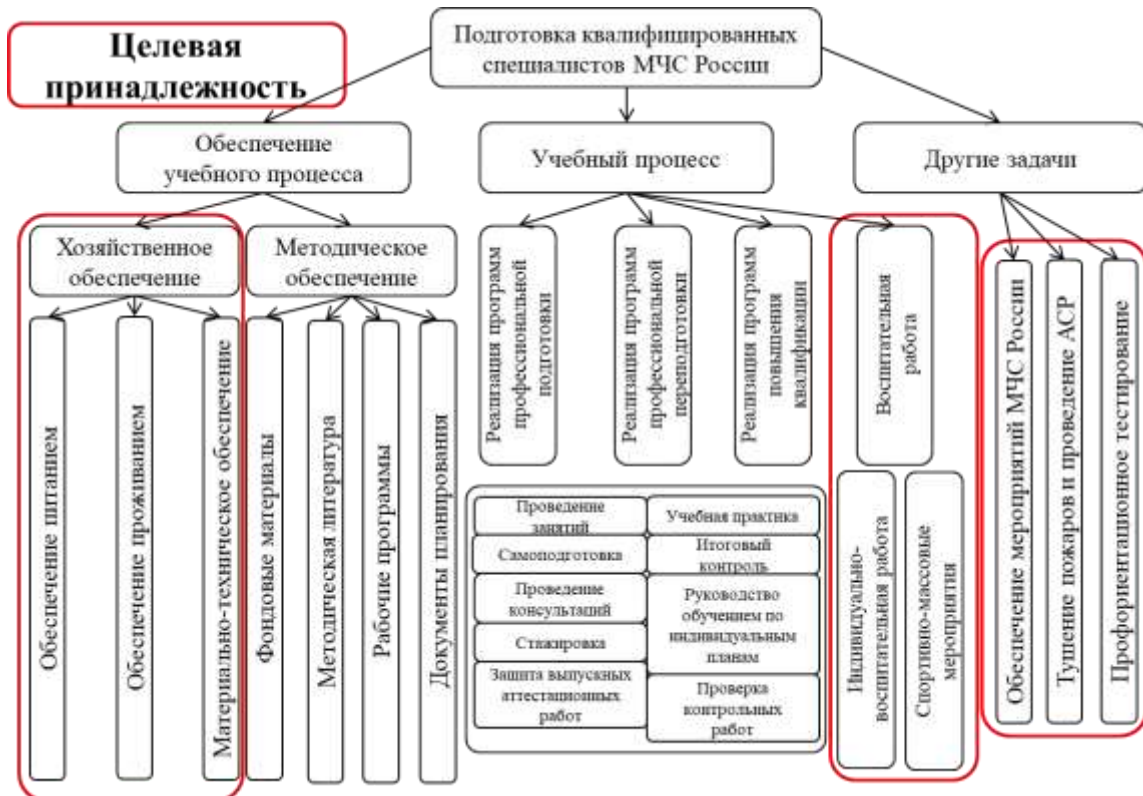


Рисунок 2 – Диаграмма систематизации основных процессов образовательной профильной среды

Ключевой особенностью представленной структуры является внедрение в профильную образовательную среду иерархии этапов тиражирования знаний от итоговой цели (например, выпускной проект), то есть от цели, предписанной основным заказчиком. Предусмотрено, что каждый абитуриент может выстроить процесс обучения в единую целевую функцию, определяющую промежуточные и итоговые результаты по каждой дисциплине, которую в дальнейшем может применить для этапной подготовки выпускной квалификационной работы (ВКР), а также для ориентира на осваиваемые компетенции.

В результате исследований данного этапа выполнена систематизация необходимых процессов для модификации образовательной среды в сфере пожарной безопасности при внедрении практико-ориентированного обучения, получены целевые проблемные моменты для формирования единой модели адаптации вносимых изменений в эволюционном режиме.

В главе 2 «Логико-алгебраическое моделирование процессов формирования индивидуальных целевых графиков обучения профильных специалистов на дуальном множестве задач с корректируемой обратной связью» проводится моделирование системы формирования индивидуальных целевых графиков на дуальном множестве не predetermined управляющих воздействий, модель формирования корректируемой обратной связи на основе

гибкой системы диагностики и фасетная система сопоставления профильных указаний и траекторий обучения.

На втором этапе сформирована структурная последовательность в форме взаимосвязанных граней усеченной пирамиды (система поддержки управления) для определения этапов внесения изменений в действующую образовательную систему в сфере пожарной безопасности. Учтено, что групповая подготовка профильных обучаемых выстраивается по целевому назначению иерархической трансляции тиражированных знаний, где критериальным элементом является межпредметное дерево дисциплин (рис. 3).



Рисунок 3 – Графическое представление системы поддержки управления процессом профильного обучения от итоговой цели

Нижние ярусы прямой пирамиды заполняются дисциплинами начального (общеобразовательного) уровня $s_{\text{общ}}^l[i]$. Это выражается в кортеже дисциплин:

$$s_{\text{общ}}^l[i] = \langle \text{res}[s_{\text{общ}}], \forall i \in I | \exists l \in L | l_m \equiv l_n \vee l_m \rightarrow l_{m+1}, m, n \in \overline{1, N_n} \rangle, \quad (1)$$

где i – индекс общеобразовательных дисциплин, n и m – индексы уровней иерархии, N – число уровней иерархии, \forall и \exists – кванторы общности и существования, логиты предикатов. I – множество индексов общеобразовательных дисциплин, $I = \{1, 2, \dots, n_{\text{общ}}\}$, где $n_{\text{общ}}$ – количество общеобразовательных дисциплин, $\equiv, \vee, \rightarrow$ – знаки эквивалентности, дизъюнкции и импликации. l – уровень иерархии дисциплин по семестрам; то есть для каждой дисциплины определен порядковый номер и уровень (например, переходной семестр в основном процессе обучения). При переходе допускается, что уровни могут совпадать, либо не совпадать.

Данная особенность наблюдается при подготовке обучаемых по направлениям в сфере пожарной безопасности, так как обязательным элементом является воспитательная часть, основанная на требованиях основного заказчика в лице МЧС России (например, физическое воспитание, обязательное посещение профильных культурно-массовых мероприятий и т.д.), что не всегда может использоваться одновременно с требованиями ФГОС.

Аналогично, специальные дисциплины заполняют ярусы обратной пирамиды – чем старше курс, тем больше профильных дисциплин, для каждой из которых заказчиком определяется перечень решаемых задач. Специальные дисциплины $s_{\text{спец}[i]}^l$ определены как набор ресурсов заданного порядка и уровня. Например, для подготовки диспетчеров ЦУКС есть жесткие ограничения, не соответствующие требованиям к диспетчерам (радиотелефонистам) пожарно-спасательных частей, диспетчерам ЕДДС. Как следствие, для перехода состояний между дисциплинами возможны только следующие варианты: общий переходит в специальный, специальный переходит в другой специальный, возможны объединения между предметами и переход от составного целого к одному. Переход от общего к общему не рассматривается, так как не учитывается в итоговом целевом проекте ВКР. Следовательно, матрица S переходов из i состояний $s_{\text{общ}[i]}^l$ (для общеобразовательных дисциплин) между предметами и $s_{\text{спец}[j]}^l$ (для специальных) на l уровне иерархии $l \in L$ в j состоянии $s_{\text{общ}[j]}^l$ и $s_{\text{спец}[j]}^l$ на этом же l уровне иерархии имеет вид:

$$S = \left(\bigcup_{i,j \in \overline{1,N_j}} s_{\text{общ}[i]}^l, s_{\text{спец}[j]}^l \mid \begin{array}{l} s_{\text{общ}[i]}^l \rightarrow s_{\text{спец}[j]}^l; \\ s_{\text{спец}[i]}^l \rightarrow s_{\text{спец}[j]}^l; \\ \cup s_{\text{общ}[i]}^l \rightarrow s_{\text{спец}[j]}^l; \\ \cup s_{\text{спец}[i]}^l \rightarrow s_{\text{спец}[j]}^l; \\ s_{\text{общ}[i]}^l \times s_{\text{спец}[j]}^l \rightarrow s_{\text{спец}[j]}^l \end{array} \right), l \in L. \quad (2)$$

где L – количество уравнений иерархии, N – общее количество общих и специальных дисциплин, \rightarrow – знак перехода состояний между предметами, \times – знак прямого произведения множеств, \cup – знак объединения множеств. Каждая целевая дисциплина состоит из теоретической и практической части в произвольной форме проведения аудиторных занятий. Введено дополнительное ограничение, согласно которому: специальные дисциплины могут конфликтовать по содержанию $s_{\text{общ}[i]}^l \times s_{\text{спец}[j]}^l = 0$, либо доводить сопоставимую информацию (коллизии в системе множеств управляемых процессов) $s_{\text{общ}[i]}^l \cup s_{\text{спец}[j]}^l = 0$, что вносит неопределенность в процесс тиражирования. Например, в курсах математики, тактики и гражданской обороны необходимо разобрать типовые задачи, но варианты решения будут разные. Обучаемые должны сами определить, что из предложенных механизмов можно будет использовать в выпускной работе. В результате, с формальной точки зрения, вариантом решения предложено внедрить промежуточную цель μ , которая будет выполняться задачами, решение которых позволит достичь итог (рис. 3).

Для учета возможных потерь (то есть не учет информации, не участвующей в целевом проекте) добавлен критерий, при котором учтено, что переходы между состояниями несут потери w . В результате целевая функция R_s для (2) представлена как:

$$R_s = M\{W|x_s\} \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$\forall r_s = \exp(r_{s-1})^{-w} \in R_s.$$

где x_s – управляющее воздействие между переходами состояний дисциплин;
 W – функция потерь, $W = W(s, \mu|x_s \rightarrow x_s^*)$;
 r_s – элемент целевой функции.

Функция (3) – экспоненциального вида, так как при переходе к более старшим курсам количество специальных предметов увеличивается, а общеобразовательных – уменьшается, следовательно, показатель количества переходов состояний – убывающая функция. Например, профильная дисциплина, участвующая в подготовке ВКР, может быть разбита на несколько частей с учетом графика прохождения практик (учебной, производственной и преддипломной), что позволит не только усвоить теоретические сведения, но и получить практические результаты непосредственно на месте. Каждая задача расширена и детализирована с учетом особенностей и ограничений в сфере пожарной безопасности. При внедрении разработанного метода предполагается следующий сценарий: лицо, принимающее решение, определяет итоговую цель подготовки профильных обучаемых на каждый целевой поток, то есть: $\mu = \bigcup_i \mu_i$, затем формирует иерархию дисциплин L и сортирует задачи по тематическим направлениям g_s , проводит аудит текущего состояния дисциплин на основе системы адаптивной диагностики h_s .

Для формирования единообразия процессов тиражирования в систему профильного обучения внедрен модифицированный под условия практико-ориентированного подхода сквозной метод междисциплинарных проектов. Его особенностью является, с одной стороны, использование унифицированного механизма при принятии управленческих решений, с другой – учет тематики каждого профильного потока как критерия возмущения v_s . Учтено, что состояние каждой целевой дисциплины s при решении нецелевых задач автономно, несколько дисциплин одного направления могут составлять автономный цикл $\bigcup_{l \in L} s_i^{l-1} \rightarrow s^l$.

Представленный доработанный метод позволил систематизировать основные элементы образовательного процесса образовательной среды в сфере пожарной безопасности. Как следствие, разработан элемент модели, позволяющий организовать переход между состояниями дисциплин, подверженных целевому управлению R_s . Задачи распределены по принципу "итог – начало", то есть каждый итог одной дисциплины является исходными данными для задач последующего этапа (рис. 4).



Рисунок 4 – Структура перехода состояний дисциплин процесса профильного обучения

Для математического описания разработанной модели используется теория дуального управления на замкнутой системе А.А. Фельдбаума. При этом используется не итоговая функция, а только элементы целевого управления и адаптивной автономности, внесены изменения:

- входной y_s , промежуточные u_s и выходной x_s управляющие сигналы (состояния дисциплин) не представлены в матричной форме, а имеют определенный ряд состояний $i, j, k \in \mathbb{N}$, так как ячеистая система определяется значениями целевой функции;

- критериальный параметр μ представлен не в виде стохастического ряда, а в форме ограниченной конечной разности целевой функции, что также позволяет внести эффект некоторой упорядоченности: $\mu = (U_i \mu_i, i = \overline{1, N_i})$;

- возмущающее управление h_s , аналогичное возмущающему параметру v_s , представлено не вероятностной функцией, а результирующим коэффициентом определяющей KR -функции диагностики состояния.

В результате общая схема перехода между состояниями дисциплин s представлена в виде трехэтапного управления с возможным возмущением (рис. 5).

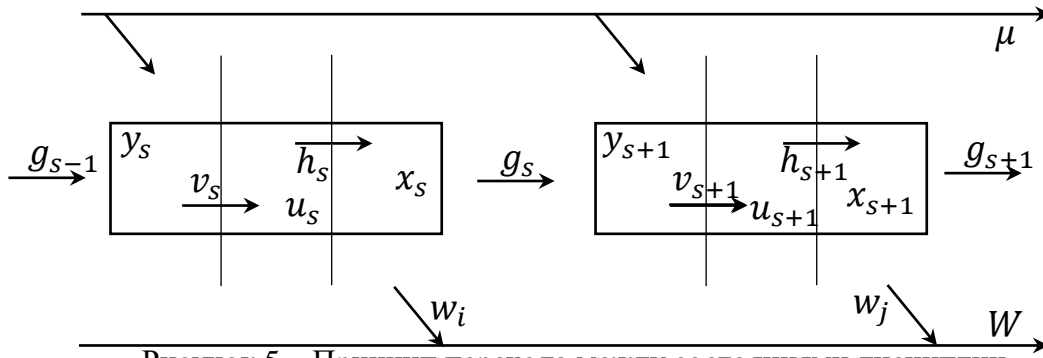


Рисунок 5 – Принцип перехода между состояниями дисциплин

Используя (1)-(3), стратегию управления по состояниям целевых дисциплин Γ_s можно представить в виде системы:

$$\begin{cases} \Gamma_s = P(U) = \Gamma(u_s | x_s, y_{s-1}, u_{s-1}), \\ R_s = M\{W | x_s\} \rightarrow \min; \end{cases} \quad (4)$$

где Γ_s – стратегия на определенный момент времени при переходе между предметами,

$P(U)$ – объединенная функция управления, с учетом возмущающего воздействия и корректирующей обратной связи,

W – функция потерь, $W = W(s, \mu | x_s \rightarrow x_s^*)$,

y_s – исходное управляющее воздействие, $y_{s+1} = y(h_s, x_s)$,

u_s – промежуточный управляющий сигнал с учетом обратной связи, но без учета возможного возмущения,

x_s – итоговое управляющее воздействие в (4):

$$x_s = x_s(\mu, v_s), x_{s+1} = F(s, \mu, x_s, v_s), \quad (5)$$

x_s^* – предложение по рационализации управляющего воздействия;

v_s – промежуточный управляющий сигнал с учетом обратной связи и с учетом возможного возмущения, $v_s = v(g_s, u_s)$,

h_s – возмущающее управление,

g_s – необходимое условие перехода (например, итоговый проект),

μ – целевое управление.

Разработанная модель системы поддержки управления целостностью процесса обучения в сфере пожарной безопасности далее детализирована до уровня одного элемента (дисциплины, s), включающего комплекс решаемых задач целевого проекта g_s . При этом, аналогично общему сценарию, также учтена особенность модели и для каждого элемента (особенность профиля), где каждая задача также подвержена целевому управлению μ .

Предполагается, что построение каждой целевой дисциплины строится системно, начиная с итоговой цели $\mu \rightarrow g_s | (x_s, u_s, y_s)$. При этом заранее не определенное количество задач каждой дисциплины отводится в качестве подводящих под задачи проекта (рис. 6).

В рамках используемого практико-ориентированного целевого управления профильной образовательной средой каждый атомарный элемент управления

(например, специальная дисциплина, s) также представлен как «элемент-система» для перехода состояния s_{ij} , включающие автономность в принятие нецелевых решений в заданных ограничениях A и B :

$$\begin{cases} s_{ij} = \sum_{i,j} F_{i,j}^2(s_i[g_s] \times s_j[g_s]), \\ A \leq g_s \leq B. \end{cases} \quad (6)$$

Допускается объединение между завершёнными задачами предыдущего этапа j для определения коэффициента перехода "итог – начало":

$$\exists \bigcup s_j \rightarrow g(s)_i, i \neq j. \quad (7)$$

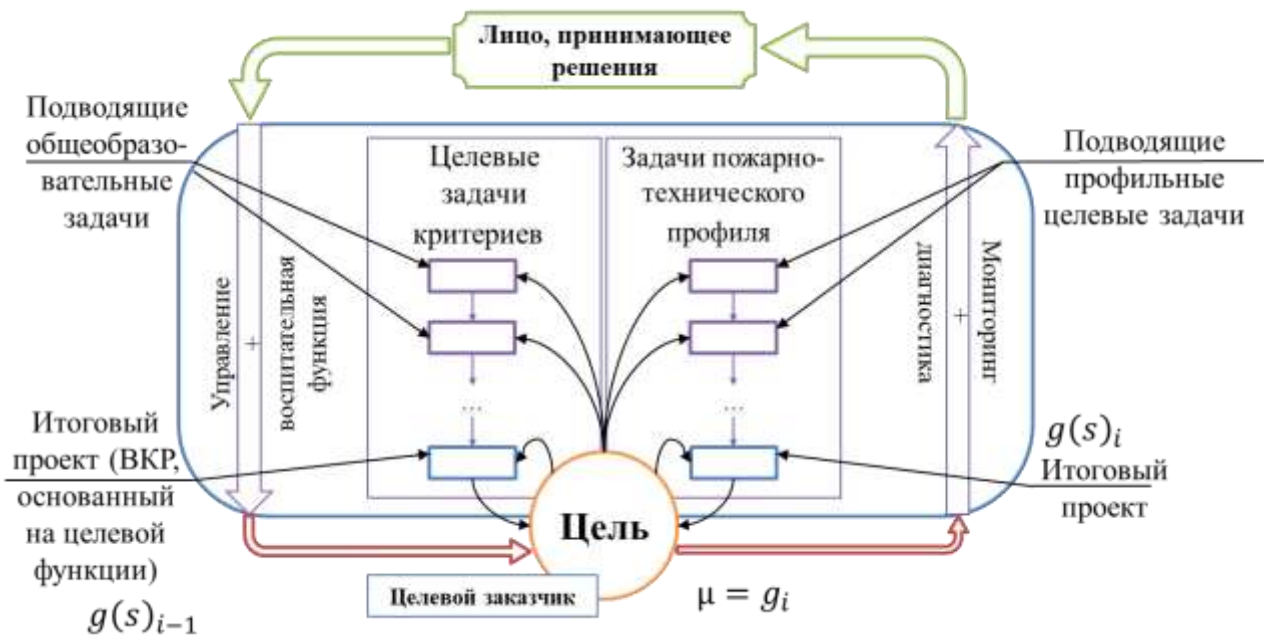


Рисунок 6–Структура управления целостностью одной дисциплины

Для адаптации разработанной модели в существующую систему междисциплинарных переходов необходимо учесть следующее (возможны сценарии):

– изменение практики. Цель дисциплины сопоставима с целью проекта, промежуточные задачи являются подводящими $s_{\text{спец}[i]}^l: \langle s, \mu_i \xrightarrow{s \rightarrow s+1} g_{s[i]} \rangle$;

– изменение дисциплины. Особенность – подготовка реферативной части, $s_{\text{спец}[i]}^l: \langle s, \mu_i \xrightarrow{s \rightarrow s+1} \cup (g_{s[i]} \times g_{s+1[i]}) \rangle$.

Для организации данных в разработанной модели используется фасетная форма описания объектов, процессов и ресурсов, представленная в виде взаимосвязанных таблиц, в ячейках которой определены управляемые элементы (рис. 7).

В качестве целевого критерия используется одномерная задача оптимизации на основе теоремы Вейерштрасса, где критериальные значения функции используют коэффициенты метода сеток, что позволяет перейти от матричной формы управления (с зависимыми соседними значениями) к

фасетной (ячеистой) для учета режима автономности внутри объектов управления:

$$\alpha_0 y_{s[0]} + \alpha_1 \frac{y_{s[1]} - y_{s[0]}}{h_s} \leq g_{s[i]} \leq \beta_0 y_{s[n]} + \beta_1 \frac{y_{s[n]} - y_{s[n-1]}}{h_s},$$

$$g_{s[i]} = g_{s[i]} + i \cdot h_s, i = \overline{0, N_s},$$

$$h_s[r_{FR-20}] = \frac{k}{k-1} \times \frac{s_x^2 - \sum_j p_j q_j}{s_x^2},$$
(8)

где α и β – коэффициенты перехода состояний.

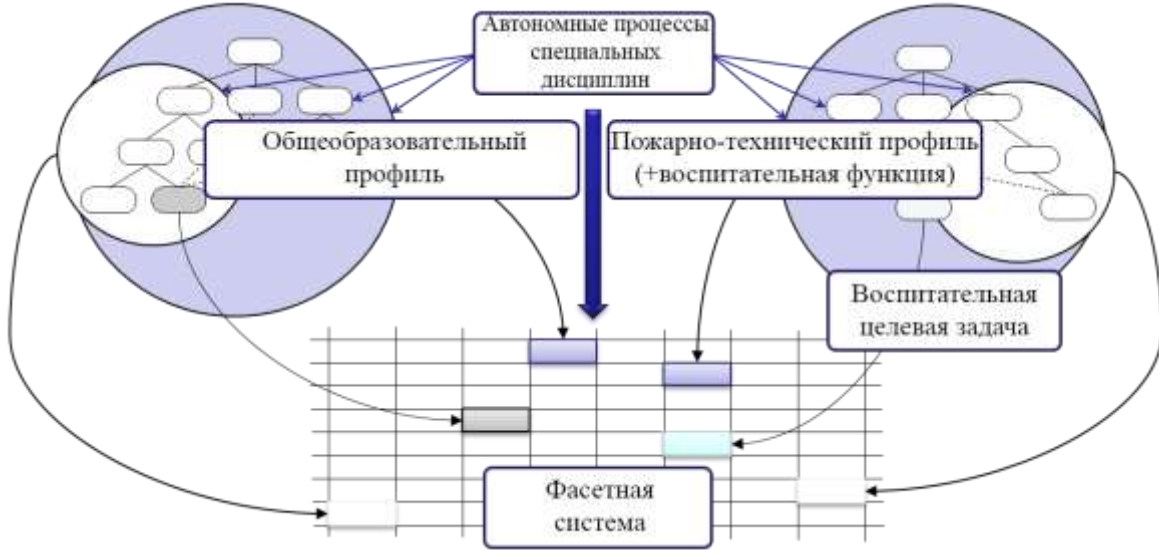


Рисунок 7 – Система целевого управления на множестве объектов фасетной организации данных

Как было упомянуто ранее, особенностью разработанной модели является использование практико-ориентированного подхода, предполагающего некоторую свободу (автономность) процессов элементов-систем (например, состояние дисциплин, s), что вызывает коллизии в иерархии управления. Как следствие, основным критерием является объединение целевых задач μ_i на множестве критериев R_s , поэтому введена фасетная система организации ресурсов на объектах управления. Принципиальной новизной является логическая независимость ячеек фасета, что обеспечивает определенную не строгость обязательных ограничений, а также необязательность формирования ряда задач по текущему индексу $i = \overline{1, N_s}$, $i \neq i + 1$, индексация целевых задач в ячейках не последовательная, а сопоставимая с текущим деревом состояний дисциплин в каждой ячейке.

Особенностью разработанной модели системы является частичная невосприимчивость к модификациям, что учитывается при периодическом изменении существующей структуры. Полученная форма взаимосвязи дерева целевых дисциплин способствует внедрению мягкого эволюционного метода преобразований профильной образовательной системы в зависимости от целевых действий и внешних возмущающих воздействий.

В результате использования не строго иерархических связей сформирована расширяемая сетевая модель, в которой имеются коллизии. Следовательно, для принятия решений Γ_s при изменении состояний без анализа дополнительной многовариантности $s = \{s_i, i \in \overline{1, N_i}\}$ использована составная модель, в которой компетенции выстроены последовательно, а соответствующие дисциплины расщеплены в ячеистой форме (рис. 8).

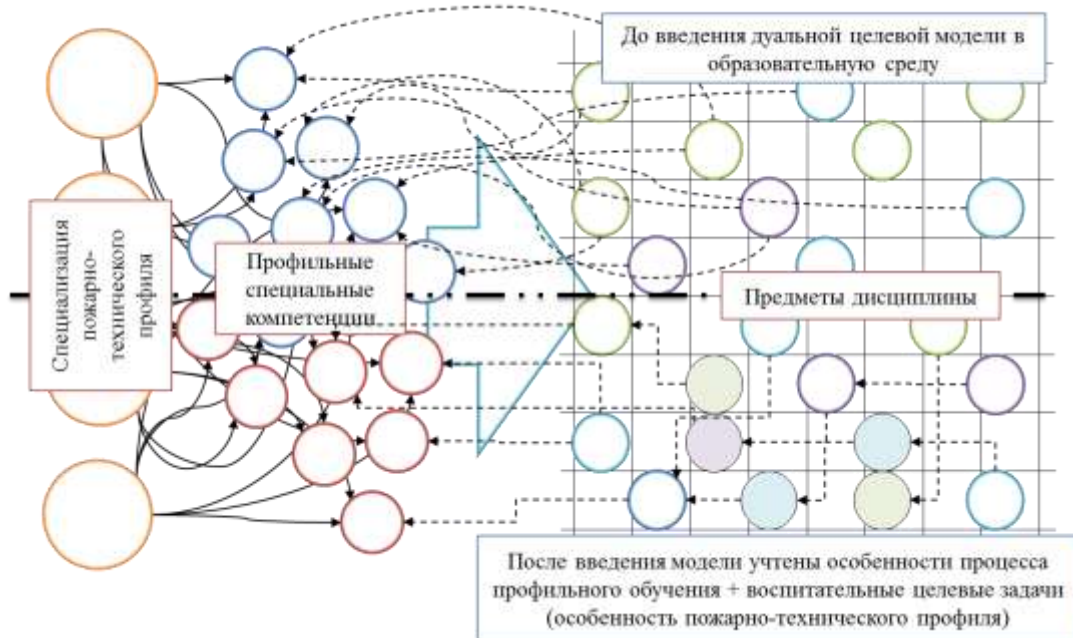


Рисунок 8 – Комплексное использование элементов системы структуризации данных

Для того, чтобы каждый атомарный элемент-система также был способен адаптироваться к новым управляющим воздействиям, разработан механизм перехода от модели случайного построения процессов образовательной среды к вполне упорядоченному построению (рис. 9).

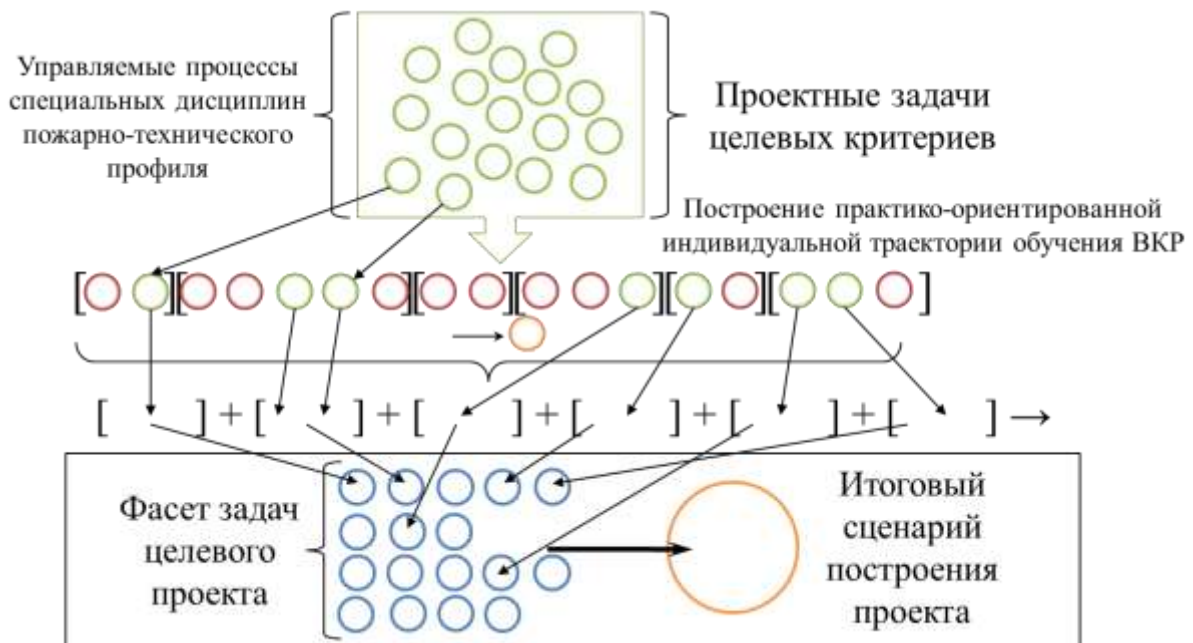


Рисунок 9 – Схема систематизации управляемых процессов профильной образовательной среды

Для сопоставления состояний дисциплин в иерархии дерева использована технология построения быстрых правил в алгебраической форме, что позволяет формировать логические цепочки освоения компетенций с учетом вносимых не predetermined возмущений со стороны внешних управляющих воздействий. Каждое полученное правило перехода состояний фиксируется в ячейке фасета целевого проекта, где используется как инструкция для сопоставления компетенций дисциплин с соответствующими компетенциями ФГОС. Моделируемая система в результате использования правил в ячейках получает необходимую информацию по возможному осваиванию соответствующих компетенций.

В разработанной модели также учтен фактор сопоставления требований, компетенций и ключевых моментов проектов предметов специальностей для формирования элементов целостности образовательного процесса.

Как было отмечено в основной модели, одним из ключевых моментов является наличие корректируемой обратной связи. Представленное в модели возмущающее воздействие (h_s) имеет составной характер иерархической формы последовательности управляющих воздействий:

$$h_s[r_{FR-20}] = \frac{k}{k-1} \times \frac{s_x^2 - \sum_j p_j q_j}{s_x^2}. \quad (9)$$

Встроенный механизм диагностики имеет корректирующее воздействие, позволяющее изменять не только выходной сигнал, но и встроенную систему критериев, что позволяет более гибко воздействовать на основной жизненный цикл образовательной среды. При этом используется модифицированный *KR*-критерий (*Kuder G.F. & Richardson M.W.*) на матрице данных.

В результате использование фасетной системы организации управляющих воздействий на элементы иерархии процессов основного жизненного цикла профильной образовательной системы позволяет проводить корректировки в эволюционном режиме, что является обязательным требованием со стороны федеральных стандартов.

В главе 3 «Алгоритмы поддержки управления практико-ориентированной (дуальной) моделью образования профильного обучения без вмешательства в основной жизненный цикл этапной подготовки» приводится описание особенности программно-алгоритмической реализации компонентов разработанной модели с учетом специфики профильного пожарно-технического образования, а также алгоритмы реализации ключевых моментов разработанной системы поддержки управления в виде программной реализации.

Разработан обобщенный алгоритм обработки и анализа состояний выполнения задач индивидуальных траекторий обучаемых целевых групп дуального обучения с учетом особенностей сферы пожарной безопасности (в том числе воспитательная функция). Особенностью алгоритма является использование функции как необходимого критерия корректировки показателей возмущающего воздействия, что позволяет модифицировать

систему диагностики, не мешая текущему процессу адаптации к возмущениям (рис. 10).



Рисунок 10 – Блок-схема алгоритма перехода состояний целевой группы

Разработан алгоритм процесса принятия решений корректируемой диагностики на основе определенной KR -функции (рис. 11).

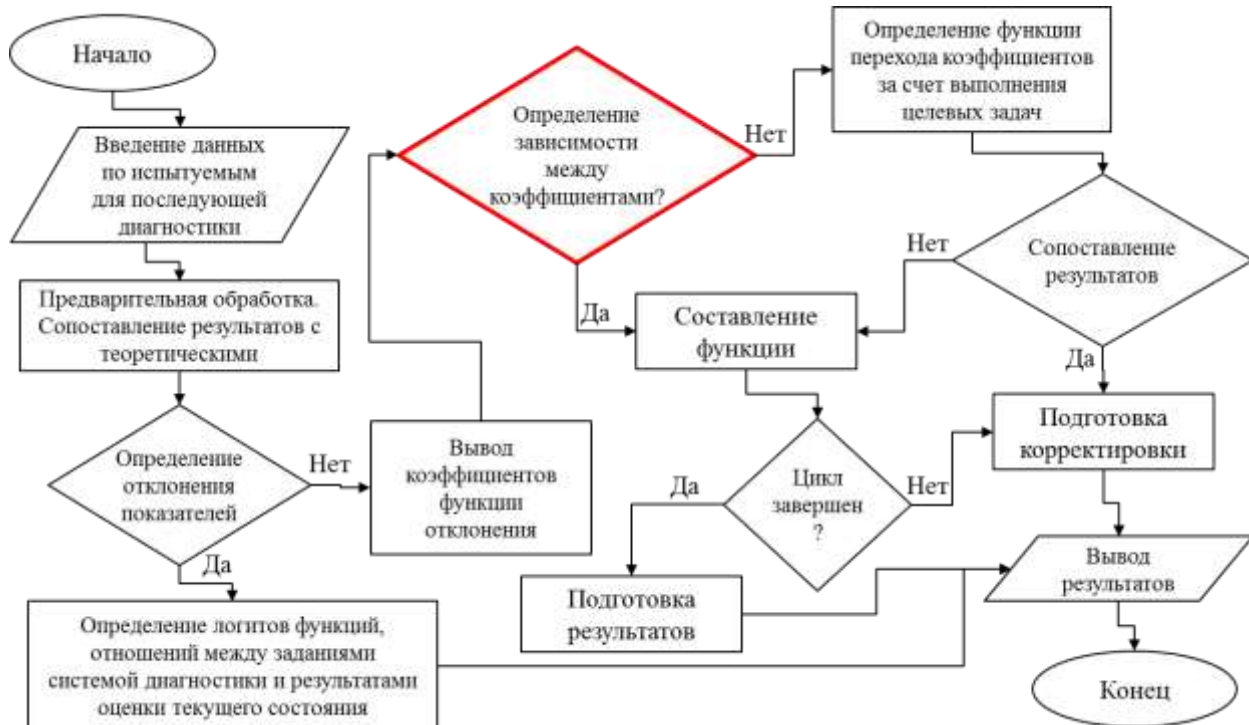


Рисунок 11 – Блок-схема алгоритма обратной связи на целевых задачах

Особенностью алгоритма является учет корректировки системы диагностики на разных этапах, позволяющей внести гибкость в процесс принятия решений относительно решения целевых задач.

Разработан алгоритм корректировки обратной связи. Встроенный механизм диагностики имеет корректирующее воздействие, позволяющее изменять не только выходной сигнал, но и встроенную систему критериев, что позволяет более гибко воздействовать на основной жизненный цикл образовательной среды (рис. 12).



Рисунок 12 – Блок-схема алгоритма корректировки обратной связи

Особенностью представленного алгоритма является встроенная технология подбора новой формы диагностики на основе полученных результатов в сравнении с шаблонными и статистическими результатами по предыдущим состояниям каждой траектории.

Механизм трехкритериальной оценки позволяет обоснованно вносить коррекцию в текущие формы диагностики состояний, а также отображать наиболее слабые элементы и зависимость от «соседей» параллельной диагностики (рис. 13).

В рамках данной работы сделан положительный вывод в сторону трехкритериальной оценки, так как в этом случае значительно увеличивается качество и точность анализа результатов. Заведомо ложные задания, а также нелогичные ответы обнаруживаются на этапах анализа результатов, что в последующем предусматривает механизм гибкой модификации заданий. Существующие механизмы двухкритериальной оценки результатов анализа статистических данных не предусматривают данной технологии, что приводит к построению неактуальных форм контроля. Также, по итогам трехкритериального анализа полученных результатов сделан вывод о его преимуществах по отношению к классической двухкритериальной оценке, так как благодаря дополнительной оценке, выступающей для корректировки полученного результата, принимается более обоснованное решение,

учитывающее специфику получаемых индивидуальных траекторий обучаемых с учетом особенностей сферы пожарной безопасности.

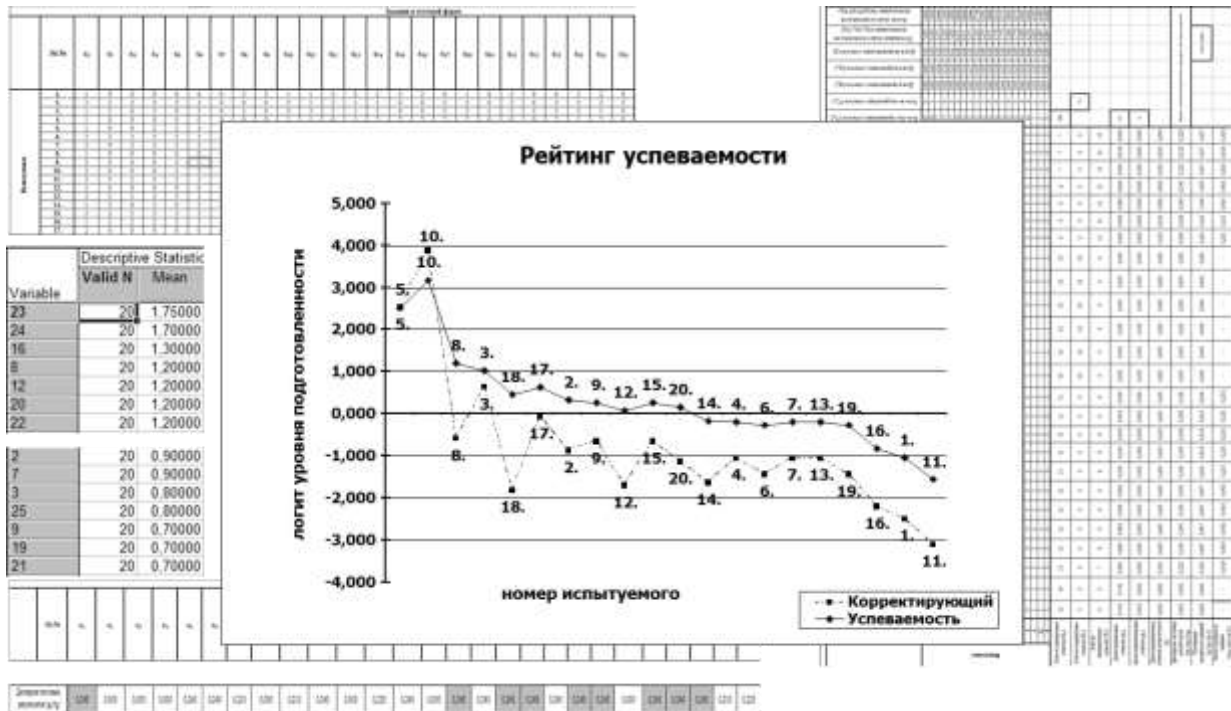


Рисунок 13 – Трехкритериальная оценка текущего состояния успеваемости

На основе полученных алгоритмов разработаны программные приложения, позволяющие производить корректируемую диагностику, а также подготавливать элементы планов-стратегий с учетом возможных внешних независимых возмущений. Информационная система поддержки управления позволяет в полуавтономном режиме формировать необходимые документы для сопровождения профессиональной деятельности управляющего звена тактического уровня системы образования.

Использование программных разработок на рабочих местах позволило проработать механизм встраивания разработанной модели и алгоритмов в образовательную среду в сфере пожарной безопасности без вмешательства в основные процессы жизненного цикла, но с учетом возможных внешних возмущений со стороны целевых указаний. Схемы преобразований управляющих сигналов при принятии решений представлены в графическом виде основного окна интерфейса в форме CRM-диаграмм.

Результаты, полученные в диссертации, апробированы на практике. Акты о внедрении приведены в приложении.

В заключительной части рассмотрены возможные направления дальнейших работ по исследуемой проблематике.

В приложениях приведены схемы и структуры разработанной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации разработаны модель и алгоритмы практико-ориентированной системы поддержки управления, основанные на систематизации управляющих воздействий дуальной системы без нарушения основного жизненного цикла образовательной среды в сфере пожарной безопасности, позволяющие внедрять вводимые изменения в эволюционном режиме, а также способствующие:

– подготовке и обучению квалифицированных специалистов в сфере пожарной безопасности, а также вероятному дальнейшему повышению квалификации без дублирования и возможных коллизий и наложений противоречивых знаний;

– осуществлению мягкого перехода на принципиально новую практико-ориентированную дуальную систему обучения с использованием фасетного механизма исправления коллизий на ранних стадиях.

В ходе работы получены следующие основные результаты:

1. Исследованы существующие модели и подходы основных показателей трудозатрат образовательной среды при дуальном целевом управлении. Проанализированы механизмы систематизации организации учебной деятельности с учетом постоянных указаний со стороны целевого заказчика и профильного образовательного пространства в условиях постоянных возмущений. Проведен анализ теоретических методов и подходов организации совместного управления независимых управляющих структур.

2. Разработана матрично-иерархическая модель практико-ориентированной поддержки управления, формирующая гибкую систему группового обучения в сфере пожарной безопасности с учетом целевого предназначения. Особенностью разработанной модели является встроенная в качестве функционального критерия модифицированная логико-алгебраическая комплексная переменная, формирующая функцию перехода состояний индивидуальных графиков целевого обучения в сфере пожарной безопасности на непостоянном множестве задач с обратной связью, корректирующей потоки исходной информации до начала основного процесса изучения каждой профильной дисциплины.

3. Разработаны алгоритмы адаптации сформированной целевой модели к существующей системе управления на основе корректируемой обратной связи диагностики состояния профильной образовательной среды, позволяющие в произвольный момент времени модифицировать этапы индивидуальных траекторий с учетом текущего состояния, а также возможных целевых указаний внешней возмущающей среды.

4. Разработан программный комплекс, позволяющий лицу, принимающему решения при организации основного процесса обучения целевых групп, формировать этапы индивидуальных траекторий на основе самодиагностики обучаемых в произвольный момент времени с учетом специфики сферы пожарной безопасности.

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

1. **Шапошник Д.С.** Обработка статистических данных при диагностировании уровня подготовленности персонала организаций к действиям при ЧС / Н.Г. Топольский, Д.С. Шапошник, И.М. Тетерин, Н.Ю. Рыженко, Н.А. Матвеев // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2015. – Выпуск № 2 (60). – 9 с. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

2. **Шапошник Д.С.** Практика применения трехкритериальной оценки диагностики знаний персонала организаций основам пожарной безопасности / Н.Г. Топольский, Д.С. Шапошник, Н.Ю. Рыженко, Н.А. Матвеев // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2015. – Выпуск № 3 (61). – 10 с. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

3. **Шапошник Д.С.** Моделирование системы поддержки управления профессиональной подготовкой кадров МЧС России // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2019. – Выпуск № 1 (81). – 16 с. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

4. **Шапошник Д.С.** Алгоритмы поддержки управления практико-ориентированной моделью образования профильного обучения / Н.Г. Топольский, Д.С. Шапошник, Н.Ю. Рыженко, А.А. Рыженко, П.В. Понурко // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2020. – Выпуск № 1 (89). – 13 с. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

Свидетельства Роспатента

о государственной регистрации программ для ЭВМ

5. **Шапошник Д.С.** Информационная система поддержки деятельности ведущего методиста учебного заведения / Д.С. Шапошник, Н.Г. Топольский, Н.Ю. Рыженко, Е.Н. Минеев // Св-во Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661585 от 30.10.15.

6. **Шапошник Д.С.** Информационная система индивидуального контроля знаний обучаемых / Д.С. Шапошник, Н.Г. Топольский, Н.Ю. Рыженко, Д.С. Береснев // Св-во Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015619588 от 08.09.15.

В других научных изданиях

7. **Шапошник Д.С.** Использование информационных технологий в управлении образовательными учреждениями МЧС / Д.С. Шапошник, В.И. Чернецов // Инновации в науке, образовании и бизнесе. Материалы XI Международной научно-методической конференции / под редакцией профессоров Андреева А.Н., Дорофеева В.Д. – Пенза: Изд-во Пензенского филиала РГУИТП, 2013. – с. 313-316.

8. **Шапошник Д.С.** Описание комплекса сетевого и дистанционного обмена информацией по результатам учебного процесса в учебном пункте ФПС ФГКУ «6 отряд ФПС по Пензенской области» / Д.С. Шапошник, В.И. Чернецов // Молодежь. Наука. Инновации (Youth. Science Jimavation): Труды УШ

международной научно-практической интернет-конференции/ Под ред. Г.К. Сафаралиева, А.Н. Андреева, В.А. Казакова – Пенза: Издательство Пензенского филиала ФГБОУ ВПО «РГУИТП», 2014. – с. 306-317.

9. **Шапошник Д.С.** Особенности моделирования учебного процесса в образовательных учреждениях МЧС России / Н.Г. Топольский, Д.С. Шапошник, Н.Ю. Рыженко // Материалы 24-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2015». М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – с. 368-372

10. **Шапошник Д.С.** Модель формирования стратегии обучения в процессе подготовки кадров МЧС России / Д.С. Шапошник, Н.Ю. Рыженко // Материалы 4-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2015». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – с. 473-476.

11. **Шапошник Д.С.** Моделирование системы хранения управляемых процессов информационной системы профильной образовательной среды / Д.С. Шапошник, Н.Ю. Рыженко // Материалы 4-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2015». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – с. 477-480.

12. **Шапошник Д.С.** Особенности организации комплексной информационной системы образовательной среды ведомственных учреждений / Д.С. Шапошник, Д. Аманкешулы, Н.Ю. Рыженко // VII-я Всероссийская научная конференция "Теория и практика системной динамики" (Апатиты, 27 марта - 2 апреля 2017 г.). Материалы докладов. – Апатиты, КНЦ РАН, 2017. – с. 70-74.

13. **Шапошник Д.С.** Модели информационной поддержки управления образовательным процессом в вузах: Монография. / Н.Г. Топольский, Н.Ю. Рыженко, Д.С. Шапошник- М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 163 с.