

На правах рукописи



ШКОДИНА ТАТЬЯНА АНДРЕЕВНА

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ
ТРАЕКТОРИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАССОВЫХ
ОТКРЫТЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ**

Специальность 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные
методы в экономике

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре цифровой экономики Института развития информационного общества в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», г. Москва

Научный руководитель - доктор экономических наук, профессор
Уринцов Аркадий Ильич

Официальные оппоненты: **Козырев Анатолий Николаевич**
доктор экономических наук, ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН», главный научный сотрудник, отделение теоретической экономики и математических исследований, руководитель научного направления

Попова Елена Витальевна
доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», кафедра информационных систем, заведующий, профессор

Ведущая Организация - федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Защита состоится «24 сентября» 2024 года в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.372.03 на базе ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова» по адресу: 115054, г. Москва, Стремянный пер., д. 36, корп. 3, ауд. 353.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотечном центре имени академика Л. И. Абалкина ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова» по адресу: 115054, г. Москва, ул. Зацепа, д. 43 и на сайте организации <http://ords.rea.ru/>.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.372.03
доктор экономических наук, доцент



Колесник Георгий
Всеволодович

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования обусловлена потребностью развития электронного обучения на основе массовых открытых онлайн-курсов (МООК) в учебных заведениях. Ключевое место в профессиональной деятельности обучающихся любого направления занимают навыки самостоятельного изучения новых знаний, постоянного повышения своей компетентности. Возникает необходимость в подготовке обучающихся, способных ориентироваться в быстро меняющемся информационном обществе и способных к самообучению. Одним из вариантов, обеспечивающих решение данного вопроса подготовки обучающегося, который умеет приобретать новые навыки, способен учиться на протяжении многих лет, является использование МООК во время обучения в основном или дополнительном профессиональном образовании. Внедрение МООК в основные или дополнительные образовательные программы предполагает улучшение структуры обучения и более гибкую организацию всей системы, при которой обучающийся имеет возможность формировать индивидуальную траекторию обучения с учётом своих навыков (компетенций) и предпочтений. С появлением МООК Coursera и Stepik популярность электронного обучения резко возросла. При этом качество онлайн-курсов также растёт, технологии продолжают совершенствоваться, предоставляя различные приложения и платформы, помогающие создать универсальную среду для использования и просмотра контента.

МООК открывают возможности к любому виду образования. Формат МООК можно использовать в рамках повышения квалификации, профессиональной переподготовки или встроить в дополнительное профессиональное образование (ДПО), обучающийся выбирает изучение дополнительного материала на МООК-платформе и получение итогового сертификата, который даёт возможность получить удостоверение о повышении квалификации. В качестве главного преимущества МООК в ДПО является повышение доступности обучения, повышение профессионального уровня, возможность обучения в индивидуальном темпе.

Также существует возможность использования МООК в вузах. При составлении траектории обучения, охватывающей обязательные дисциплины учебной образовательной программы, обучающийся может формировать свой персональный путь обучения, в который входят все дисциплины учебного плана. При этом дисциплины вариативной части могут возмещаться МООК, по результатам прохождения которых на МООК-платформах осуществляется перезачёт с получением сертификата. Основная цель организации таких курсов заключена в подборе индивидуального набора компетенций МООК для каждого обучающегося. Но в данном контексте возникает потребность в разработке онлайн-

курсов и их публикации на существующих платформах MOOK или на внутреннем портале университета.

Однако существующие MOOK-платформы предлагают отдельные онлайн-курсы без предоставления автоматизации формирования и управления индивидуальной траектории обучения. Формирование такой траектории возможно на основе моделей и алгоритмов, обеспечивающих построение гибкой информационной системы поддержки выдачи рекомендаций (СПВР) по выбору MOOK. Незавершенность этого компьютерного инструментария и предопределила актуальность темы и основных направлений диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования. Вопросам формирования индивидуальной траектории обучения в России и за рубежом посвящены работы: В.В.Бова, К.Л.Бугайчук, Ю.В.Вайнштейна, Н.Н.Войта, Р.В.Есин, Д.С.Канева, О.А.Косорукова, И.П.Норенкова, Н.Н.Суртаева, П.В.Сысоев, И.Ю.Шполянкой, Г.М.Цибульского, В.Н.Ваghi, Y.A.Biletskiy, E.O'Donnell, G.J.Hwang и др. Анализ исследований в данной области показывает особую актуальность вопросов формирования моделей, алгоритмов и методов принятия решений при выборе траектории обучения и технологии создания индивидуального образовательного маршрута электронного обучения.

Вопросы выбора и оценки качества онлайн-курсов рассматривали, Б.С.Гершунский, Л.М.Блинкова, Н.В.Ушакова, Е.Р.Орлова, Е.Н.Кошкина, S.Abbar, M.Bouzeghoub, S.Lopez. Авторы разработали упрощенный подход к оценке качества курсов, который заключается в формировании базовых критериев, таких как программа курса, вебинары, семинары, портфолио, но не учли такие важные критерии, как соответствие стандартам обучения, средства проверки знаний и выставление оценок, персонализация, социальная поддержка и т. д.

Вопросами моделирования информационных систем на основе онтологий в сфере образования занимались Ю.Ф.Тельнов, Н.В.Комлева, И.Ю.Шполянская. Авторы рассматривали особенности семантического моделирования образовательных систем, но не исследовали возможности построения онтологической модели компетенций образовательных программ для дальнейшего формирования индивидуальной траектории обучения в информационных системах выдачи рекомендаций.

Вопросами математического моделирования информационных образовательных систем занимались Н.П.Тихомиров, Т.М.Тихомирова, В.П.Тихомиров, Л.Ф.Петров, Н.А.Моисеев, Г.В.Колесник, А.И.Уринцов, А.И.Долженко, А.Н.Козырев, Е.В.Попова. Однако авторы не исследовали вопросы, связанные с моделированием индивидуальной траектории электронного обучения

в качестве средства информационной поддержки при предоставлении рекомендаций по выбору МООК.

Тем не менее вопросы разработки моделей и методов, позволяющих организовать информационную систему выдачи рекомендаций по формированию индивидуальной траектории обучения и тем самым повысить эффективность образования, представляются в настоящее время недостаточно изученными. Более того, недостаточно подробно изучены процессы, связанные с воздействием качества внедренных МООК на заинтересованность обучающихся при выборе онлайн-курсов. Потребность в решении всех вышеперечисленных вопросов выявляет необходимость дальнейшего развития методической базы, математического аппарата в данной области и предопределяет выбор объекта, предмета, цели и задач диссертационного исследования.

Цели и задачи исследования. Цель исследования – разработка экономико-математического и компьютерного инструментария по формированию индивидуальной траектории электронного обучения на основе МООК с учетом предпочтений обучающегося.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

- обосновать функциональные особенности существующих МООК-платформ и классифицировать их в рамках однородных групп по признакам качества образовательных услуг;
- систематизировать критерии качества МООК, на основе которых сформировать интегральный показатель качества онлайн-курса;
- разработать методику формирования индивидуальной траектории электронного обучения на основе различающихся по уровню сложности освоения компетенций МООК, в соответствии с навыками и предпочтениями обучающегося, с учётом адаптивного оценивания уровня освоения знаний по результатам тестирования;
- разработать онтологическую модель МООК, оценивающую последовательность освоения компетенций (навыков) и онлайн-курсов с учётом предпочтений обучающегося;
- разработать архитектуру СПВР и компьютерный инструментарий для обучающихся по формированию индивидуальной траектории электронного обучения;
- разработать методику оценки экономической эффективности СПВР, и провести апробацию применения СПВР по формированию индивидуальной траектории электронного обучения.

Объектом диссертационного исследования является образовательная деятельность с использованием электронного обучения и массовых открытых онлайн-курсов.

Предметом диссертационного исследования являются методы, модели и алгоритмы формирования индивидуальной траектории электронного обучения в учебных заведениях, использующих массовые открытые онлайн-курсы.

Область исследования. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с паспортом научной специальности 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике по пунктам области исследования: 4. Разработка и развитие математических и компьютерных моделей и инструментов анализа и оптимизации процессов принятия решений в экономических системах; 18. Развитие и применение инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем в интересах субъектов экономической деятельности.

Теоретической и методологической основой исследования являются работы отечественных и зарубежных ученых в области электронного обучения, экономико-математического моделирования, экономического анализа, прикладной информатики. При проведении исследования применялись методы математического анализа, системного анализа, нечеткой логики, онтологического моделирования, объектного моделирования, функционального программирования, объектно-ориентированного программирования, многомерного статистического анализа и машинного обучения. Для обработки данных и проведения расчетов на основе построенных моделей использовались программные средства MS Excel, редактор онтологий Protege 4.4, среда разработки и моделирования UMLStar, интерактивная облачная среда Google Colab, среда разработки Jupyter, кроссплатформенный программный инструментарий Anaconda 5.0, язык программирования Python (библиотеки статистической обработки Pandas, NumPy, SciPy, Matplotlib, Seaborn, Scikit Learn).

Информационную базу диссертации составили: российский федеральный закон об образовании, нормативные правовые акты и зарубежные материалы, посвящённые формированию и управлению индивидуальной траектории электронного обучения; статистические базы данных MOOK (Stepik, Corsera, GetCourse, Openedu, Прометей, iSpring Learn, Talent, Moodle, Canvas, uQualio); аудиторский портал бухгалтерской отчетности и финансового анализа (Audit-it.ru); базы данных Федеральной налоговой службы и Росстата РФ.

Научная новизна заключается в разработке моделей, алгоритмов и компьютерного инструментария – СПВР по формированию индивидуальной траектории электронного обучения с учётом предпочтений обучающегося и оценки

качества MOOK на основе нечетких множеств с использованием онтологии, содержащей изучаемые MOOK в соответствии с компетенциями.

Научную новизну содержат следующие **результаты исследования**:

– выявлены функциональные особенности MOOK-платформ, различающиеся по характеристикам их полноты: доступность MOOK, выдача сертификатов, эффективность учебных курсов, администрирование, персонализация контента, мобильность, интеграция с приложениями, всего 50 показателей; получены сравнительные количественные характеристики качества образовательных услуг. На основе выявленных особенностей предложена методика для оценки функциональных возможностей MOOK-платформ, состоящая из двух этапов: формирование характеристик MOOK-платформ и классификация MOOK-платформ (полнофункциональные, минимально-достаточные, ограниченные).

– предложен подход к формированию интегрального показателя качества MOOK в терминах нечётких множеств, базирующийся на оценках отдельных критериев качества онлайн-курса в виде иерархического графа. Критерии качества MOOK учитывают требования к контенту и качеству услуг MOOK, а также удовлетворенность пользователей онлайн-курсом: качество содержания онлайн-курса, структура курса, актуальность материала, программа курса, соответствие стандартам обучения, корректно работающие ссылки, материалы и мультимедиа, преимущества курса, средства проверки знаний и выставления оценок, успеваемость обучающихся, поддержка обучающихся, обратная связь, практическая польза, эффективность обучения по результатам контрольных мероприятий, доступность MOOK, обратная связь, экономическая эффективность.

– разработана методика формирования индивидуальной траектории электронного обучения на основе процедур кластеризации онлайн-курсов по критериям: уровень сложности освоения MOOK, длительность обучения, стоимость обучения. Методика предполагает формирование траектории освоения навыков (компетенций) в виде графовой модели, обеспечивающей адаптивное оценивание знаний обучающегося по результатам тестирования для корректировки уровня сложности онлайн-курса на последующих этапах освоения MOOK;

– разработана онтологическая модель MOOK, оценивающая последовательности освоения компетенций (навыков) и онлайн-курсов. Представлены свойства-указатели для связи онлайн-курсов и компетенций, определена логическая последовательность освоения компетенций на основе свойства «hasNext»;

– разработаны архитектура СПВР и компьютерный инструментарий, предоставляющий в интерактивном режиме точные персонализированные

рекомендации по формированию индивидуальной траектории электронного обучения, учитывающая последовательность освоения навыков (компетенций) и успешность прохождения обучения. СПВР состоит из набора развертываемых сервисов: сбор данных, формирование оценок о текущей успеваемости, построение траектории обучения, оценка качества онлайн-курса, выдача персонализированных рекомендаций, формирование базы онлайн-курсов (онтология). СПВР сопоставляет онлайн-курсы в соответствии с компетенциями, применяя созданную онтологическую модель;

– разработана методика оценки экономической эффективности СПВР, и проведена апробация применения СПВР по формированию индивидуальной траектории обучения. Предложен показатель оценки окупаемости затраченных средств разработанного компьютерного инструментария на основе критериев эффективности СПВР: общее количество посещений слушателей МООК, количество слушателей МООК, доля слушателей коммерческих МООК, позиция МООК-платформы в поисковых запросах, количество новых слушателей, прибыль от применения СПВР, доходы МООК-платформ после внедрения СПВР, затраты на создание и размещение СПВР на МООК-платформе.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Теоретическая значимость данного исследования заключается в развитии методического аппарата оценки эффективности обучения на основе МООК и повышении эффективности формирования индивидуальных траекторий обучения с учётом многокритериального характера задачи принятия решений о выборе МООК; в разработке моделей и алгоритмов поддержки выдачи рекомендаций по формированию индивидуальной траектории с учетом предпочтений обучающегося и оценки качества онлайн-курсов. Практическая значимость работы состоит в возможности использования полученных результатов, моделей, алгоритмов и компьютерного инструментария по формированию индивидуальной траектории обучения в практической деятельности образовательных учреждений, предоставляющих МООК.

Апробация и внедрение результатов исследования. Теоретические положения и практические рекомендации, сформулированные в диссертационном исследовании, докладывались на научно-практических конференциях: «Новые информационные технологии и системы: XVI Международная научно-техническая конференция» (Пенза, 2019); «Проблемы проектирования и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики: XIX Международная научно-практическая конференция» (Ростов-на-Дону, 2019); «Новые информационные технологии и системы: XVII Международная научно-техническая конференция» (Пенза, 2020); «Проблемы проектирования,

применения и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики: XX Международная научно-практическая конференция, посвящённая 85-летию доктора экономических наук, профессора Кардаша В. А.» (Ростов-на-Дону, 2020); «Молодежь и современные информационные технологии: XVII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых» (Томск, 2020); «Управление качеством в образовании и промышленности: Всероссийская научно-техническая конференция» (Севастополь, 2020); «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятий решений: VIII Всероссийская научная конференция» (Уфа, 2020); «Системный анализ в проектировании и управлении: XXIV Международная научная и учебно-практическая конференция» (Санкт-Петербург, 2020); «Инжиниринг предприятий и управление знаниями: XXV Российская научная конференция» (Москва, 2022).

Результаты диссертационной работы используются в практической работе университета ФГБОУ ВО РГЭУ(РИНХ) при преподавании дисциплин «Web-программирование», «Статистический анализ данных на Python», «Технологии обработки данных», «Web-технологии»; ФГБОУ ВО «РЭУ им Г. В. Плеханова» при преподавании дисциплин «Интернет-программирование» и «Разработка распределенных приложений»; ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ)» при преподавании дисциплин «Математическое моделирование», «Алгоритмы на графах».

Публикации. Основные выводы, полученные в результате выполнения диссертационного исследования, отражены в 16 публикациях автора, в том числе 5 работ опубликовано в рецензируемых научных изданиях. Общий объем публикаций составляет 8,07 печатных листов (авторские 6,44 печ. л.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, общих выводов, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 191 страницу и включает 28 рисунков, 25 таблиц, 5 приложений на 56 страницах. Список литературы включает 133 наименований.

II. НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Предложена методика для оценки функциональных возможностей MOOK-платформ

Проведена классификация MOOK-платформ для выявления их функциональных возможностей и в дальнейшем для выбора рациональной MOOK-платформы, которая максимально будет соответствовать предъявляемым характеристикам с учетом предпочтений пользователя. Под MOOK-платформой понимается образовательная интернет-платформа, состоящая из функций для управления обучающим процессом: наличие MOOK, размещение и проведение MOOK, проверка заданий, оценка результатов обучения, предоставление доступа к учебному контенту. MOOK-платформы выбираются на основе 50 характеристик:

доступность MOOK, наполненность MOOK, наличие сертификации, наличие контента (видеолекции), наличие интерактивных тестов и заданий, методы обучения (синхронное, асинхронное, смешанное); наличие мобильного обучения, микрообучения, геймификации, персонализированного развития навыков, индивидуального маршрута обучения, интеграции с другими платформами, автономного доступа, распределения ролей, интеграция с социальными сетями, обратная связь, контроль успеваемости, наличие форума и т. д. На основе выявленных характеристик разработана методика для оценки функциональных возможностей MOOK-платформ. В работе рассмотрены MOOK-платформы: Stepik(1), Corsera(2), Openedu(3), GetCourse(4), FutureLearn(5), Универсариум(6), iSpring Learn(7), Talent(8), Canvas(9), We.Study(10), Mirapolis(11), uQualio(12), Интуит(13), Moodle(14), различающиеся наличием или отсутствием вышеупомянутых характеристик. Присутствие характеристики в MOOK-платформе отмечается единицей, отсутствие – нулем (таблица 1).

Таблица 1. Фрагмент характеристик MOOK-платформ

№	Характеристика/MOOK-платформа	Stepik	Corsera	Openedu	..	iSpring Learn	Moodle
1	Доступность MOOK	1	1	1	..	0	0
2	Наличие сертификации	1	1	1	..	0	0
3	Синхронное обучение	1	0	0	..	1	1
4	Асинхронное обучение	1	1	1		0	1
5	Обратная связь	1	1	1		0	1
...
48	Индивидуальный маршрут	0	0	0	..	0	0
49	Контроль успеваемости	1	1	1		0	1
50	Наличие форума	1	1	0	..	0	0

Источник: разработано автором

Классификация MOOK-платформ по признакам качества образовательных услуг осуществляется на основе коэффициента подобия Жаккара:

$$K = \frac{c}{a+b-c} \quad (1)$$

где a – количество функциональных возможностей первой MOOK-платформы,

b – количество функциональных возможностей второй MOOK-платформы,

c – количество функциональных возможностей, общих для первой и второй MOOK-платформ.

Результаты расчёта коэффициентов подобия Жаккара представлены в таблице 2.

Таблица 2. Оценка степени подобия MOOK-платформ

MOOK-платформа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-Stepik	1	0,72	0,83	0,5	0,78	0,88	0,62	0,79	0,4	0,5	0,66	0,82	0,78	0,6

MOOK-платформа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2–Corsera	0,72	1	0,85	0,5	0,79	0,75	0,57	0,82	0,36	0,48	0,32	0,78	0,71	0,54
3–Openedu	0,83	0,85	1	0,4	0,74	0,74	0,45	0,76	0,39	0,52	0,31	0,88	0,72	0,48
4–GetCourse	0,5	0,5	0,4	1	0,34	0,41	0,8	0,33	0,83	0,77	0,71	0,32	0,42	0,79
5–FutLearn	0,78	0,79	0,74	0,34	1	0,7	0,56	0,89	0,44	0,4	0,4	0,92	0,87	0,43
6–Универс	0,88	0,75	0,74	0,41	0,7	1	0,55	0,75	0,48	0,6	0,41	0,77	0,73	0,5
7–Talent	0,62	0,57	0,45	0,8	0,56	0,55	1	0,6	0,5	0,56	0,8	0,38	0,42	0,85
8–Canvas	0,79	0,82	0,76	0,33	0,89	0,75	0,6	1	0,51	0,66	0,77	0,77	0,6	0,55
9–We.Study	0,4	0,36	0,39	0,83	0,44	0,48	0,5	0,51	1	0,74	0,7	0,4	0,54	0,81
10–Mirapolis	0,5	0,48	0,52	0,77	0,4	0,6	0,56	0,66	0,74	1	0,46	0,4	0,6	0,78
11–uQualio	0,66	0,32	0,31	0,71	0,5	0,45	0,78	0,77	0,7	0,46	1	0,5	0,61	0,5
12–iSpring	0,82	0,78	0,88	0,32	0,92	0,77	0,38	0,77	0,4	0,4	0,5	1	0,78	0,5
13–Интуит	0,78	0,71	0,72	0,42	0,87	0,73	0,42	0,6	0,54	0,6	0,61	0,78	1	0,5
14–Moodle	0,6	0,54	0,48	0,79	0,43	0,5	0,85	0,55	0,81	0,78	0,5	0,5	0,5	1

Источник: разработано автором

Результаты классификации MOOK-платформ:

– Полнофункциональные (Stepik, Corsera, Openedu, Универсариум, iSpring Learn). Данные системы содержат MOOK в открытом доступе, позволяют быстро запускать MOOK, подходят для широкого круга образовательных учреждений, в частности, для дополнительного образования, поддерживают разные типы обучения – синхронное, асинхронное, смешанное. Встроенные программные модули позволяют создавать и проводить вебинары. Вовлеченность обучающихся происходит с помощью опросов, тестов, викторин;

– Минимально-достаточные (Canvas, Интуит, FutureLearn, uQualio, Moodle, Mirapolis). Данные системы не содержат онлайн-курсы в открытом доступе, используются вузами с собственной базой онлайн-курсов, которым важна информационная безопасность, функционирует только на собственных серверах обучающегося. Для стабильной работы данных систем требуется мощный сервер, т. к. от количества одновременно обучающихся студентов напрямую зависит его быстродействие.

– Ограниченные (Talent, GetCourse, We.Study). Имеют одностраничную архитектуру, учебный мультипортал, встроенную систему комплексной оценки, поддержку мобильных устройств, публикацию онлайн-курсов, электронное портфолио, добавление программных модулей. Преимуществом данных систем является демоверсия пользования.

2. Предложен подход к формированию интегрального показателя качества MOOK в терминах нечётких множеств, базирующийся на оценках отдельных критериев качества онлайн-курса, взаимосвязанных между собой в рамках иерархического графа

Для оценки качества онлайн-курсов на основе опроса экспертов разработана иерархическая модель (граф) критериев качества MOOK (рисунок 1).

На рисунке 1 использованы следующие обозначения: F0 – интегральный показатель качества курса; F1 – качество содержания онлайн-курса, F11 – точные и подробные инструкции, F12 – точная и достоверная информация, F13 – структура курса, F14 – актуальность материала, F15 – Использование средств мультимедиа, F16 – соответствие стандартам обучения, F17 – программа курса, F171 – обзор требуемых результатов обучения, F172 – обзор всех материалов курса и структуры курса, F173 – обзор оценочной и практической деятельности, системы оценивания; F18 – юзабилити курса; F181 – эстетические качества; F182 – дизайн интерфейса; F183 – корректно работающие ссылки, материалы и медиа; F2 – качество курсовых услуг; F21 – доступность; F22 – персонализация; F23 – взаимодействие, социальная поддержка; F24 – средства проверки знаний и выставления оценок; F25 – поддержка учащихся; F251 – помощь студенту; F252 – обратная связь; F3 – преимущества; F31 – практическая польза от курса; F32 – удовлетворенность пользователей; F33 – степень понимания студентом; F34 – эффективность обучения по результатам контрольных мероприятий; F35 – экономическая эффективность; F36 – успеваемость.

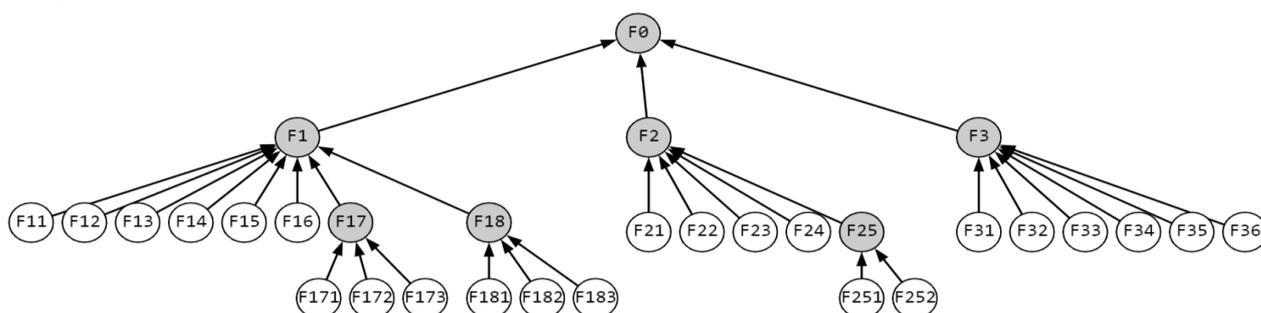


Рисунок 1 – Иерархическая модель оценки качества учебного онлайн-курса

Источник: разработано автором

Предложен подход к формированию интегрального показателя качества онлайн-курсов в терминах нечётких отношений предпочтений между критериями в структуре иерархии этих критериев. Качество онлайн-курсов описывается следующей моделью:

$$FMG = \langle G, L, P, A \rangle, \quad (2)$$

где G – граф критериев качества онлайн-курса с вершинами F_j ($j=0, \dots, 36$),

$L = \{L_j(j=0, \dots, 36)\}$ – набор лингвистических значений уровней каждого критерия качества онлайн-курса (вершины дерева графа),

P – система отношений предпочтения одних критериев другим для одного уровня иерархии критериев качества онлайн-курса (задается для вершин графа одного уровня иерархии),

A – набор операторов агрегирования информации, который определен для неконцевых вершин графа, позволяющий на основе оценок состояния подчиненных вершин вычислить значение лингвистической переменной (ЛП).

Каждый критерий качества онлайн-курса оценивается по трём уровням: {низкий уровень (Н), средний уровень (С), высокий уровень (В)} по шкале [0,1].

Интегральный показатель качества онлайн-курса определяется как взвешенная сумма лингвистических оценок функций принадлежности на трёхуровневом классификаторе для каждой нетерминальной вершины с нижнего уровня до корневой вершины графа:

$$\mu_k(F) = \sum_{i=1}^N \mu_{k,i}(F) p_i \quad (3)$$

$$\text{где } \mu_{k,i}(F) = \begin{cases} (0,0,0.1,0.4), & \text{если } L_{k,i} = \text{"Н"} \\ (0.15,0.4,0.6,0.85), & \text{если } L_{k,i} = \text{"С"} \\ (0.65,0.9,1,1), & \text{если } L_{k,i} = \text{"В"} \end{cases} \quad \square$$

Вычисление функции принадлежности сводится к операциям с вершинами функций принадлежности $\mu_{k,i}(F)$. На базе функций принадлежностей базовых критериев качества онлайн-курса формируется критерий следующего уровня k , причём формирование происходит с учётом системы предпочтений ($F2 \succ F3 \succ F1$, $F11 \approx F12 \approx F13 \approx F16 \approx F18 \succ F15 \approx F17 \succ F14$, $F21 \approx F24 \succ F22 \succ F23 \approx F25$, $F32 \approx F33 \approx F35 \succ F31 \approx F34 \approx F36$, $F171 \succ F172 \succ F173$, $F183 \succ F182 \succ F181$, $F251 \succ F252$) между критериями качества онлайн-курса, которая формируется следующим образом:

$$P = \{F_i(\varphi) F_j \mid \varphi \in (\succ, \approx)\} \quad (4)$$

где \succ – строгое предпочтение,

\approx – отношение безразличия или индифферентности.

Процедура формирования критериев значимости включает в себя определение весовых коэффициентов Фишберна p_i для каждого уровня иерархии по формуле:

$$p_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^N r_j} \quad (5)$$

где $i = \overline{1, N}$, N – количество подчиненных вершин, участвующих в операции агрегирования;

$$r_i = \begin{cases} r_i, F_{i+1} \approx F_i & i_N = 1 \\ r_{i+1}, F_{i+1} \succ F_i & \end{cases} \quad (6)$$

Для концевых критериев качества онлайн-курса экспертами определяются значения лингвистической переменной L_j (таблица 3).

Таблица 3. Исходные экспертные лингвистические оценки

Обозначение	F171	F172	F173	F181	F182	F183	F251	F252	F11	F12	F13	F14
Уровень	С	С	Н	Н	С	С	С	Н	В	В	В	Н
Обозначение	F15	F16	F21	F22	F23	F24	F31	F32	F33	F34	F35	F36
Уровень	С	В	С	С	Н	С	С	С	С	С	С	С

Источник: разработано автором

Для проверки качества показателя F_k вычисляется относительное расстояние Хемминга между функцией принадлежности $\mu_k(F)$, имеющей трапецидальный

вид $(a_1^k, a_2^k, a_3^k, a_4^k)$, и функцией принадлежности триарного нечёткого классификатора $\mu_{k,i}(F)$ $i=\overline{1,3}$, имеющей также трапецидальный вид $(b_1^k, b_2^k, b_3^k, b_4^k)$:

$$\rho_{k,i} = \max\{|(a_1^k - b_1^k)|, |(a_2^k - b_2^k)|, |(a_3^k - b_3^k)|, |(a_4^k - b_4^k)|\} \quad (7)$$

Значение критерия онлайн-курса F_k определяется как $\min(\rho_{k,i})$.

Профессионально-образовательная программа направления «Информационные системы и технологии» включает следующие онлайн-курсы: «Информатика и программирование», «Алгоритмы и структуры данных», «Технологии обработки данных», «Базы данных», «Веб-программирование», «Анализ данных на python» и др. В таблице 4 представлены результаты нечеткого моделирования качества онлайн-курса «Анализ данных на python».

Таблица 4. Результаты моделирования качества онлайн-курса «Анализ данных на python»

F_k	Название индикатора	Значение ЛП	Параметры трапециевидного числа			
F0	Интегральный показатель	Средний	0.3034	0.5281	0.6844	0.8551
F1	Качество контента онлайн-курса	Средний	0.4475	0.6933	0.8317	0.9325
F2	Качество услуг курса	Средний	0.1250	0.3333	0.5167	0.7750
F3	Преимущества курса	Средний	0.2278	0.4222	0.5778	0.7833
F17	Структура курса	Средний	0.1250	0.3333	0.5167	0.7750
F18	Удобство использования курса	Средний	0.1500	0.4000	0.6000	0.8500
F25	Служба поддержки обучающегося	Низкий	0.0500	0.1333	0.2667	0.5500

Источник: разработано автором

На рисунке 2 представлены функции принадлежности для низкого, среднего и высокого уровней оценки качества онлайн-курса, а также жирной линией выделена функция принадлежности F0 лингвистической оценки интегрального показателя качества онлайн-курса «Анализ данных на python». Качество онлайн-курса с большей уверенностью можно отнести к уровню «средний».

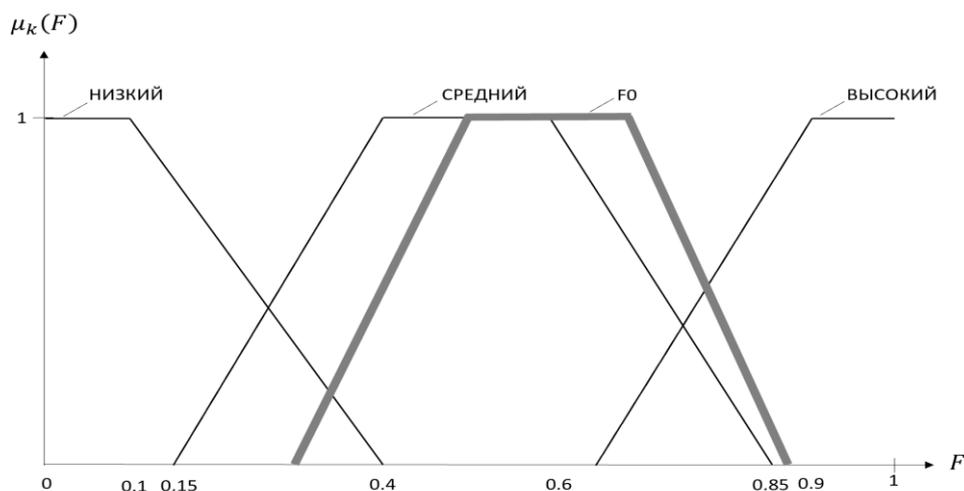


Рисунок 2. Функция принадлежности лингвистической оценки интегрального показателя качества онлайн-курса «Анализ данных на python»

Источник: разработано автором

3. Разработана методика формирования индивидуальной траектории электронного обучения по выбору MOOK с использованием адаптивного оценивания знаний обучающегося

Формирование индивидуальной траектории обучения по выбору MOOK можно описать в виде графовой модели:

$$ILP = \langle G, O, C, S, F \rangle \quad (8)$$

где G – граф взаимодействия компонентов модели формирования траектории обучения,

$O = \{o_1, o_2, \dots, o_k\}$ – множество областей знаний,

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ – множество MOOK,

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ – множество навыков (компетенций), которые хочет освоить обучающийся,

$F = \{f_1, f_2, f_3\}$ – множество критериев выбора MOOK: f_1 – уровень сложности освоения компетенции, который оценивается по 100-бальной шкале; f_2 – стоимость обучения (в руб.), f_3 – длительность обучения (в мес.).

Для f_1 предусмотрено три уровня освоения компетенции: {Начальный уровень (50–66 баллов), Базовый уровень (67–83 балла), Углубленный уровень (84–100 баллов)}.

Алгоритм индивидуальной траектории обучения включает адаптивное оценивание MOOK для корректировки уровня сложности освоения компетенций на каждом шаге принятия решения:

$$y_{n+1} = y_n + \gamma_n (y_{\text{факт}}^n - y_n), \quad \gamma_n = \frac{1}{n} \quad (9)$$

где n – шаг адаптации,

y_n – оценка уровня подготовки обучающегося,

$y_{\text{факт}}^n$ – фактическая оценка за пройденный онлайн-курс по результатам тестирования,

γ_n определяет величину определенного шага.

Допущения:

– Каждому онлайн-курсу соответствует определенный навык (компетенция);

– Каждый онлайн-курс имеет уровень сложности;

– Выбор определенного онлайн-курса происходит по результатам тестирования и полученных оценок освоения компетенций.

Рассмотрим индивидуальную траекторию обучения направления «Анализ данных на python», которое включает следующие онлайн-курсы: «Информатика и программирование» (всего 15), «Основы интеллектуального анализа данных» (всего 35), «Машинное обучение» (всего 22), «Базы данных» (всего 17), «Глубокое обучение» (всего 11). Необходимо из множества альтернативных MOOK (всего

200) рекомендовать те онлайн-курсы, которые будут наилучшим образом соответствовать предпочтениям обучающегося: длительность, стоимость и уровень сложности обучения. Для этого на первом этапе выполняется разделение MOOK на кластеры по уровню сложности, стоимости и длительности обучения с помощью метода k-средних (таблица 5).

Таблица 5. Результаты принадлежности MOOK кластерам

Кластеры	f_1	f_2	f_3	Количество онлайн-курсов в кластере
1	0,9234	0,4229	0,4951	58
2	0,7346	0,1370	0,1456	91
3	0,6235	0,0485	0,0485	51

Источник: разработано автором

В первый кластер включены онлайн-курсы с углублённым уровнем сложности освоения компетенции, стоимостью обучения в рублях [72000;154000] и длительностью обучения в месяцах [13;18]. Во второй кластер входят MOOK с базовым уровнем, стоимостью [15000;45000], длительностью [6;12]. Третий кластер характеризуется начальным уровнем освоения навыков, стоимостью [13000;70000], длительностью [1;5].

На втором этапе формируется матрица соответствия компетенций S_i онлайн-курсам C_j направления «Информационные системы и технологии»:

$$s_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я компетенция содержит } j\text{-й онлайн-курс,} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (10)$$

Для определения траектории обучения слушателю необходимо выбрать входные данные с использованием веб-формы: область знания; навыки, которые он хочет приобрести; предполагаемый уровень сложности; длительность, стоимость. Для успешного освоения курса «Анализ данных на python» необходимы требования к предварительной подготовке обучающегося, т. е. навыки, полученные как предшествующие: «Программирование на python s_1 », «Интеллектуальный анализ данных s_3 », «Статистическое машинное обучение s_9 », «Базы данных s_{15} », «Глубокое обучение s_{23} » (рисунок 3).

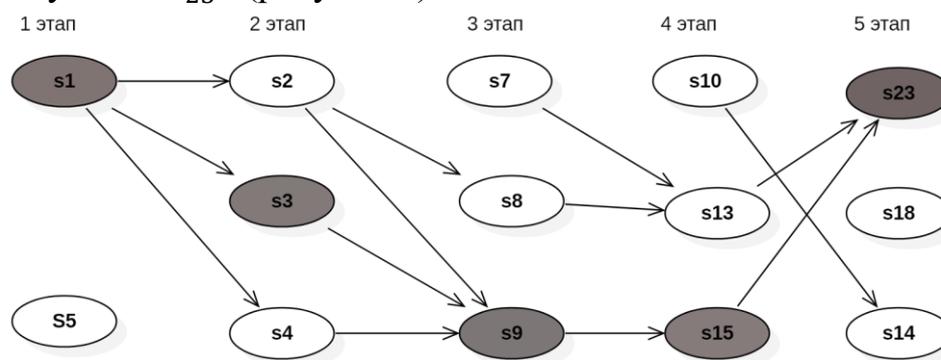


Рисунок 3 – Последовательность освоений компетенций

Источник: разработано автором

На следующем этапе по результатам тестирования ($y_{\text{факт}}$) обучающегося для компетенции $s1$ корректируется оценка его уровня подготовки для освоения следующей компетенции $s3$ (рисунок 4).

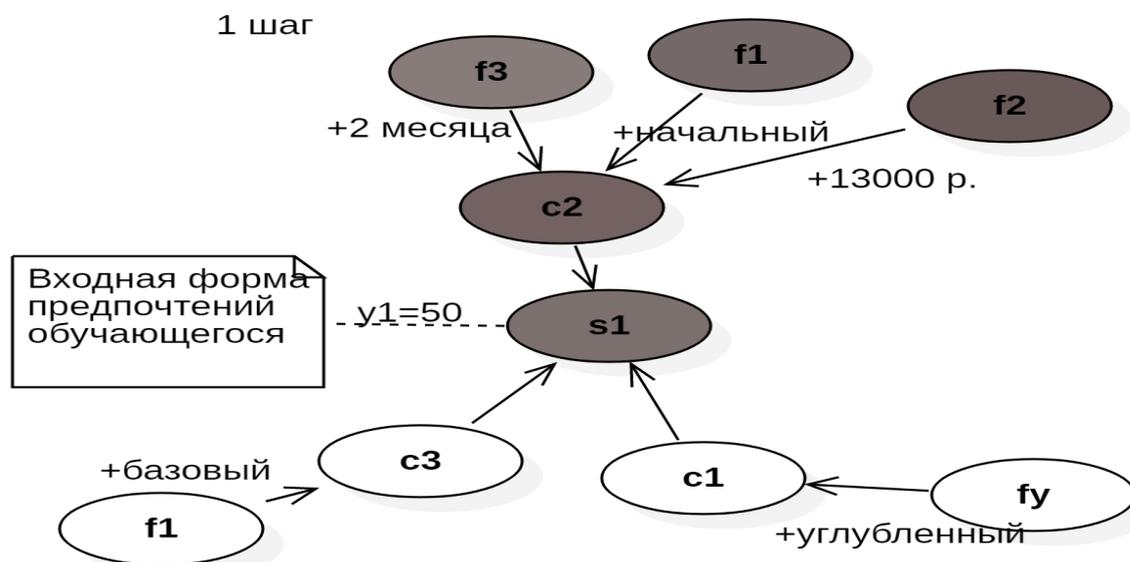


Рисунок 4 – Выбор онлайн-курса для освоения компетенции $s1$ с учётом предпочтений обучающегося

Источник: разработано автором

Аналогичные действия выполняются для последующих компетенций (рисунок 5). На каждом шаге принятия решения обучающийся вправе выбрать длительность и стоимость обучения.

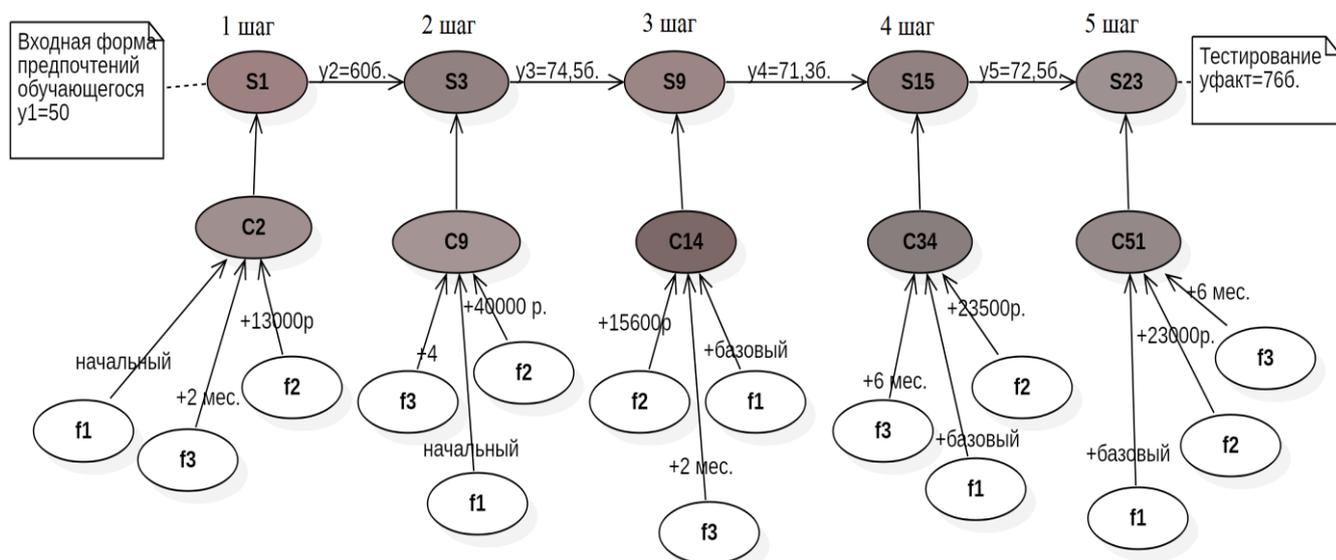


Рисунок 5 – Индивидуальная траектория обучения с учётом корректировки уровня сложности освоения компетенций и предпочтений обучающегося

Источник: разработано автором

В таблице 6 представлены результаты моделирования индивидуальной траектории обучения с учётом корректировки уровня сложности освоения

Таблица 7. Фрагмент предикатов для MOOK и компетенций освоения курса «Анализ данных на python»

	Компетенции (навыки)	Свойство – указатель (предикат)	MOOK
s_1	Навыки программирования на python	Содержит_MOOK	Информатика и программирование
s_3	Навыки интеллектуального анализа данных	Содержит_MOOK	Основы интеллектуального анализа данных
...
s_9	Навыки статистического машинного обучения	Содержит_MOOK	Машинное обучение
...
s_{15}	Навыки создания базы данных	Содержит_MOOK	Базы данных
...
s_{23}	Навыки глубокого обучения	Содержит_MOOK	Глубокое обучение

Источник: разработано автором

5. Разработана архитектура системы поддержки выдачи рекомендаций по выбору MOOK для их включения в траекторию обучения

На основе созданной онтологической модели разработана архитектура СПВР, позволяющая выдавать точные, персонализированные рекомендации обучающимся по выбору онлайн-курсов.

Данная архитектура СПВР состоит из аналитического модуля кластеризации онлайн-курсов, базы знаний, алгоритма формирования индивидуальной траектории обучения, модуля мониторинга эффективности онлайн-курсов (рисунок 7). В разрабатываемой СПВР выделены следующие бизнес-задачи, которые реализованы как отдельные сервисы: сбор данных, формирование оценок о текущей успеваемости и выдача рекомендаций по выбору индивидуальной траектории обучения. Каждый из сервисов имеет собственное хранилище данных. Взаимодействие между сервисами происходит через API-интерфейсы. В качестве управляющего узла для хранения и обработки данных использовалась интегрированная среда разработки Pycharm и высокоуровневый фреймворк Django. Для обработки запросов в работе предложено использовать MySQL, который поддерживает непрерывную интеграцию с фреймом данных Pandas, необходимой для анализа онлайн-курсов и индивидуальных траекторий электронного обучения. Исходные данные отправляются на сервер Stateless с помощью технологии REST API. Сбор данных и выдача рекомендаций осуществляется через обмен данными между сервером и клиентом. Stateless-сервер позволяет распределить данные на узлы формирования оценки навыков. С помощью алгоритма формирования индивидуальной траектории обучения происходит формирование оценки для дальнейшей отправки информации на сервер базы данных. Конвертер Fuxi необходим для работы с внешним редактором онтологии – Protege. Для обработки больших объемов данных (онлайн-курсов) и оптимизации вычислений моделей

машинного обучения предложено использовать библиотеку Joblib, которая позволяет обрабатывать значительный объем информации, используя технологию Big Data.

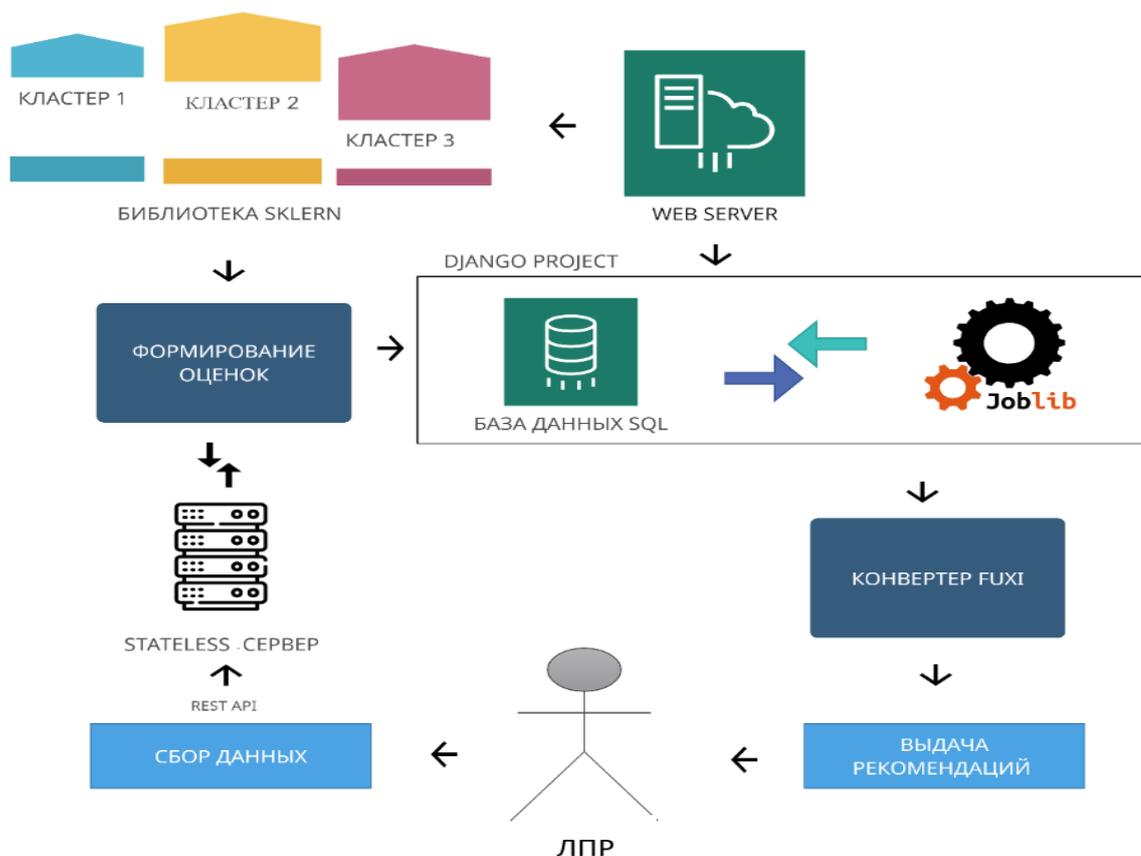


Рисунок 7 – Программная архитектура СПВР

Источник: разработано автором

6. Разработана система поддержки выдачи рекомендаций по формированию индивидуальной траектории обучения

На основе созданной архитектуры была разработана СПВР, обеспечивающая автоматизированное формирование индивидуальной траектории обучения. С помощью модуля кластеризации происходит автоматическая классификация онлайн-курсов по уровню сложности освоения компетенций для дальнейшего формирования индивидуальной траектории обучения. Оценки обучающегося о прохождении онлайн-курса хранятся в модуле оценки качества онлайн-курсов. База данных СПВР предназначена для хранения фактических и прогнозирующих оценок обучающихся по результатам тестирования. В процессе работы с СПВР лицо, принимающему решение (ЛПР), предоставляется информация в рекомендациях: курсы, необходимые для прохождения и ссылки на них; уровень подготовки, который соответствует обучающемуся; навыки, которые приобретет

обучающийся по окончании курса; длительность обучения; уровень сложности, стоимость обучения (рисунок 8).

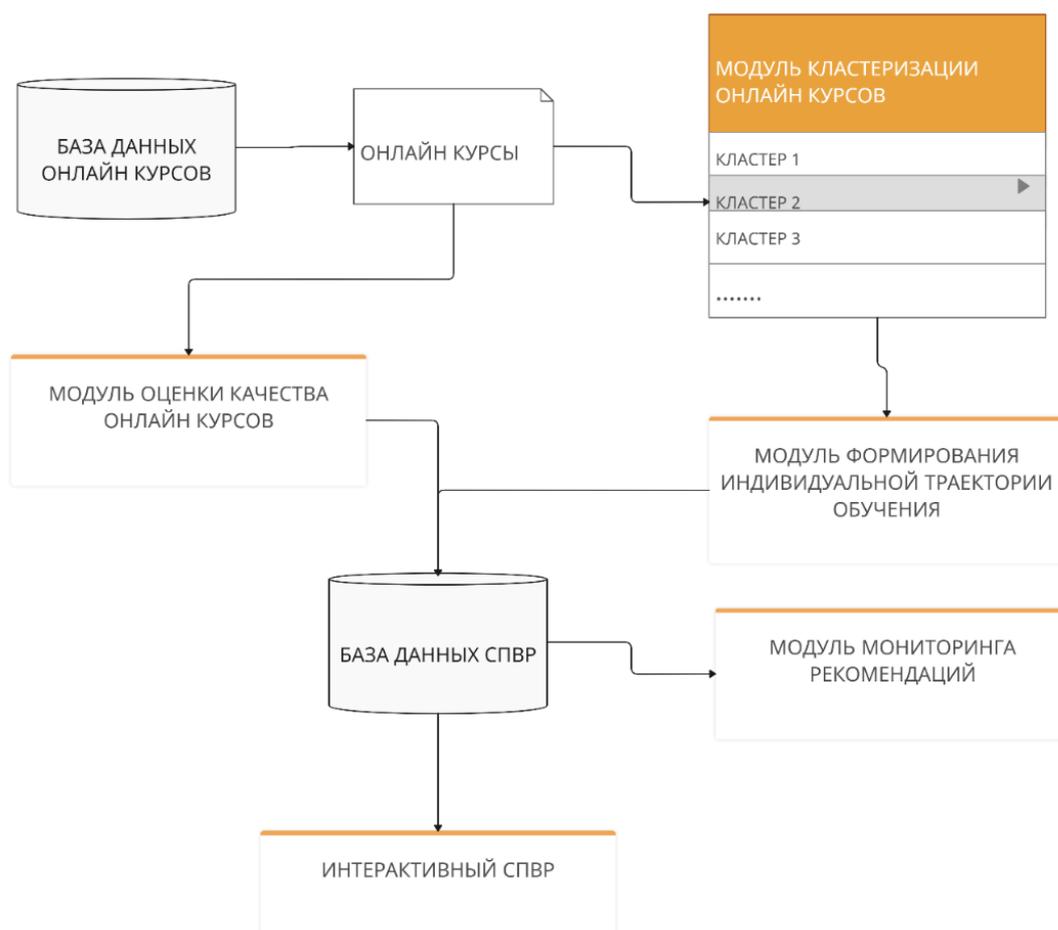


Рисунок 8 – Целевая схема решения СПВР по формированию индивидуальной траектории электронного обучения

Источник: разработано автором

На основе созданного инструментария была проведена апробация результатов исследования в РГЭУ(РИНХ) и произведена оценка эффективности применения СПВР по формированию индивидуальной траектории электронного обучения на примере MOOK-платформы Stepik.

7. Разработана методика оценки экономической эффективности применения СПВР по формированию траектории электронного обучения

Оценка экономической эффективности осуществляется с использованием коэффициента окупаемости затраченных средств разработанной СПВР по формированию индивидуальной траектории электронного обучения:

$$ROI(\%) = \frac{a-s}{s} * 100 \quad (10)$$

где а – доходы MOOK-платформ после внедрения СПВР,

s – затраты на создание, внедрение и размещение СПВР на MOOK-платформе.

Расчет коэффициента окупаемости затраченных средств разработанной СПВР на примере внедрения данного инструментария на MOOK-платформу Stepik приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели эффективности разработанной СПВР на примере MOOK-платформы Stepik

№	Показатели	Годы		
		2020	2021	2022
1	Общее количество посещений слушателей MOOK	29123	32541	36000
2	Общее количество посещений слушателей MOOK после внедрения СПВР	29245	35600	37820
3	Количество слушателей MOOK	1700	2200	2400
4	Позиция MOOK-платформы в поисковых запросах	24	22	16
5	Количество новых слушателей	340	470	600
6	Доля слушателей коммерческих MOOK	23%	24%	26%
7	Доходы MOOK-платформы (тыс. руб.)	89884	111902	118637
8	Доходы MOOK-платформы после внедрения СПВР (тыс. руб.)	91200	114240	119824
9	Затраты на создание, внедрение СПВР на MOOK-платформу (тыс. руб.)	50	20	15
10	Затраты на продвижение СПВР на MOOK-платформе (тыс. руб.)	10	40	45
11	Затраты MOOK-платформы (тыс. руб.)	78542	93734	96937
12	ROI	14%	19%	22%
13	ROI после внедрения СПВР	16%	21%	24%

Источник: разработано автором с использованием данных https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7814225454_ooo-tsifrovye-obrazovatelnye-resheniya

Из таблицы 9 видно, что ROI от внедрения СПВР вырос за 3 исследуемых года с 16 % до 24 %, что свидетельствует о безусловной эффективности разработанной СПВР. В итоге в течение трёх лет через Stepik было привлечено 1698000 слушателей, а общий объем инвестиций на разработку СПВР составил 60000 рублей. Окупаемость увеличилась за счёт притока большего числа слушателей на MOOK-платформу, уменьшения позиции MOOK-платформы в поисковых запросах веб-браузера, использования контекстной рекламы с целью привлечения новых коммерческих слушателей. Разработанный СПВР увеличил продажи онлайн-курсов и доходность, предлагая пользователям релевантные MOOK за счёт автоматизированного формирования траектории обучения, что привело к повышению конверсии и увеличению дохода.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного диссертационного исследования разработаны модели и алгоритмы формирования индивидуальной траектории электронного обучения на основе MOOK. Предложенные подходы базируются на алгоритме

автоматизированного формирования индивидуальной траектории обучения на основе кластеризации MOOK по предпочтениям обучающегося с использованием адаптивного оценивания уровня освоения компетенций, онтологической базы знаний освоения компетенций, нечеткой модели и алгоритма оценки качества MOOK. На основе данных моделей и алгоритмов разработана СПВР, предоставляющая обучающимся рекомендации по формированию индивидуальной траектории обучения в автоматическом режиме. Разработанная СПВР позволяет своевременно определить качество MOOK (низкий – высокий) для конкретной MOOK-платформы и разработать план мероприятий по уменьшению онлайн-курсов низкого качества. Расчеты, проведенные на основе моделей СПВР, показали свою практическую значимость и подтвердили возможность применения в практической деятельности образовательных учреждений, предоставляющих MOOK обучающимся.

IV. СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ШКОДИНОЙ (СЕРЕДКИНОЙ) Т.А. ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи в рецензируемых научных изданиях

1. Шкодина, Т. А. Семантические технологии в системе поддержки онлайн обучения / Т. А. Шкодина., И.Ю. Шполянская – Текст : электронный // Прикладная информатика = Journal of Applied Informatics. – 2020. – Т. 15 – № 5 (89). – С. 52-61. – ISSN 1993-8314. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44165441> (дата обращения: 07.04.2023). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистр. пользователей – 0,78 печ. л. – 0,39 авт. печ. л.

2. Шкодина, Т. А. Анализ функциональной полноты систем онлайн-обучения / Т. А. Шкодина. – Текст : непосредственный // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2020. – № 4(43). – С. 56-64. – ISSN 2221-5689. — 1,05 печ. л.

3. Шкодина, Т. А. Разработка архитектуры рекомендательной системы по выбору онлайн-курсов / Т. А. Шкодина. – Текст : электронный // Прикладная информатика = Journal of Applied Informatics. – 2022. – Т. 17. – № 4(100). – С. 87-96. – ISSN 1993-8314. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49352203> (дата обращения: 07.04.2023). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистр. пользователей – 0,73 печ. л. Шкодина, Т. А.

4. Формирование индивидуальной траектории онлайн обучения на основе кластерного анализа / Т. А. Шкодина. – Текст : электронный // Прикладная информатика = Journal of Applied Informatics. – 2023. – Т. 18. – № 2 (104). – С. 4-15. – ISSN 1993-8314. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50503406> (дата

обращения: 07.05.2023). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистр. пользователей – 0,83 печ. л.

5. Оценка качества массовых открытых онлайн-курсов в терминах нечетких множеств / Т.А. Шкодина. Текст : электронный // Мягкие измерения и вычисления. – 2024. – Т. 78. – №5. – С. 36-47. – ISSN: 2618-9976. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67212610> (дата обращения: 20.05.2024). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистр. пользователей– 0,94 печ. л.

Статьи в других научных изданиях

6. Шкодина, Т. А. Семантические технологии в организации поддержки онлайн обучения / Т. А. Шкодина, И. Ю. Шполянская – Текст : электронный // Системная инженерия и информационные технологии. – 2021. –Т. 3. – № 1(5). – С. 65-72. – ISSN 2658-5014. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45771133> (дата обращения: 07.04.2023). – Режим доступа: Науч. б-ка eLIBRARY.RU. – 0,57 печ. л. – 0,29 авт.печ.л.

7. Шкодина, Т. А. Проблемы построения индивидуальной траектории обучения / Т. А. Шкодина. – Текст : непосредственный // Информационные системы, экономика и управление : ученые записки. – Ростов-на-Дону : РИНХ, 2021. - № 23. – С. 178-180. – ISBN 978-5-7972-2879-0 – 0,23 печ. л.

8. Середкина, Т. А. Классификация систем онлайн обучения / Т. А. Середкина. – Текст : непосредственный // Проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики: материалы XX Междунар. науч-практ. конф., посвящ. 85-летию экономиста-математика, доктора экономических наук, профессора Виктора Алексеевича Кардаша, г. Ростов-на-Дону 26-27 окт. 2020 г. - Ростов-на-Дону : РИНХ, 2020. – С. 249-254. ISBN 978-5-7972-20794-6. — 0,28 печ. л.

9. Середкина, Т. А. Технологии semantic web в организации поддержки онлайн обучения Т. А. Середкина, И. Ю. Шполянская – Текст : непосредственный // Системный анализ в проектировании и управлении. В. 34. Ч. 3: сб. науч. тр. XXIV Междунар. научной и учебно-практической конф. 13-14 окт. 2020 г. - Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ – ПРЕСС 2020. - С. 343–350. - ISSN 2658-5243. – 0,47 печ. л. – 0,24 авт. печ. л.

10. Середкина, Т. А. Многокритериальный выбор учебных курсов в онлайн-обучении на основе рекомендательной системы Т.А. Середкина – Текст: непосредственный // Информационные системы, экономика и управление: ученые записки. – Ростов-на-Дону : РИНХ, 2019. – Вып. 21. - С. 57-62. – ISBN 978-5-7972-2661-1. – 0,35 печ. л.

11. Середкина, Т. А. Многокритериальная задача выбора онлайн-курсов в онлайн обучении методом Кемени / Т.А. Середкина – Текст: непосредственный

// Проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики: материалы XIX Междунар. науч-практ. конф. 28-29 окт.-2019 г. – Ростов-на-Дону: РИНХ, 2019. - С. 295-301. - ISBN 978-5-7972-2671-0.– 0,19 печ.л.

12. Середкина, Т. А. Проблемы обеспечения качества систем онлайн обучения / Т. А. Середкина – Текст : непосредственный // Информационные системы, экономика и управление: уч. зап. Вып. 22. - Ростов-на-Дону: РИНХ, 2020. - С. 67–70.- ISBN: 978-5-7972-2752-6. – 0,29 печ.л.

13. Середкина, Т. А. Методы оценки качества систем онлайн обучения / Т. А. Середкина, И. Ю. Шполянская. – Текст : электронный // Управление качеством в образовании и промышленности: сб. ст. Всероссийской науч.-техн.конф. (21-22 мая 2020 г.) г. Севастополь. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2020. - С. 934–937. - ISBN отсутствует. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43942133> (дата обращения: 07.04.2023). Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистрированных пользователей – 0,21 печ. л. - 0,10 авт. печ. л.

14. Середкина, Т. А. Многокритериальный выбор онлайн курсов в системе электронного обучения / Т.А. Середкина – Текст: электронный // Молодежь и современные информационные технологии: сб. тр. XVII Междунар. науч-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 17-20 февр. 2020 г). – Томск : Томский политехнический университет, 2020. - С. 335–336. - ISBN отсутствует - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44159357> (дата обращения: 07.04.2023). Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистрированных пользователей – 0,17 печ. л.

15. Середкина, Т. А. Технологии semantic web в организации поддержки системы онлайн обучения / Т. А. Середкина, И. Ю. Шполянская Текст : электронный // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS): труды VIII Всероссийской науч. конф.(с приглашением зарубежных ученых). В 2-х т.Т.1. 6-9 окт. 2020 г.-Уфа : Уфимский государственный авиационный техн. ун-т, 2020. - С. 69–74. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45074661> (дата обращения: 07.04.2023). - Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистрированных пользователей – 0,62 печ. л. - 0,31 авт. печ. л.

16. Шкодина, Т. А Проблемы электронного обучения / Т. А. Шкодина Текст: электронный // Информатизация в цифровой экономике. – 2020. – Т.1 – № 4 – С. 133-140. – ISSN 2712-9306. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48224529> (дата обращения: 07.04.2023). - Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU для зарегистрированных пользователей – 0,36 печ. л.