На правах рукописи

Родионов Алексей Владимирович Разработка моделей, методов и программного обеспечения для оценки компетенций учащихся ВУЗов

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель — кандидат физико-математических наук, доцент В.В. Братищенко

1. Оглавление

Введение
Глава 1. Анализ средств, моделей и методов оценки результатов учебного
процесса
1.1. Компетенции и компетентность как основной результат обучения 11
1.2. Системные закономерности формирования компетенций
1.3. Индикаторы сформированности компетенции
1.4. Модели обработки первичных баллов
1.4.1. Модели среднего значения
1.4.2. Нечеткие модели
1.4.3. Модели латентного анализа
1.5. Постановка задачи исследования
Глава 2. Разработка моделей процесса формирования и оценки компетенций 45
2.1. Моделирование и анализ процесса формирования комптетенции 45
2.2. Базовая модель оценки компетенции для дихотомических заданий 56
2.3. Модели оценки компетенций для политомических заданий
2.4. Латентная модель экзаменационных оценок
2.5. Выводы по второй главе
Глава 3. Математическое, алгоритмическое и методическое обеспечение оценки
компетенций
3.1. Методы оценки параметров моделей
3.2. Шкалы измерения компетенции
3.3. Статистический анализ применимости моделей
3.4. Методика оценки компетенции и интерпретации результатов 90
3.5. Описание программного продукта

3.6. Выводы по третьей главе	111
Глава 4. Апробация предложенных методов, моделей и алгоритмов	113
4.1. Построение моделей процесса формирования компетенций	113
4.2. Формирование трёхуровневой лингвистической шкалы	125
4.3. Определение оценок компетенций студентов	126
4.4. Исследование точности оценки компетенций	133
4.5. Исследование влияния многомерности данных	138
4.6. Выводы по четвертой главе	143
Заключение	145
Список сокращений и используемых обозначений	148
Список литературы	150
Приложения	163

Введение

В настоящее время в Российской Федерации осуществляется реформа высшего профессионального образования. Происходит интеграция учебного процесса в мировое образовательное пространство в рамках присоединения к Болонскому процессу [13]: осуществляется переход на двухуровневую систему подготовки бакалавр-магистр, а акцент обучения смещается на результаты образования. В федеральных государственных стандартах третьего и последующего поколений появились новые термины — компетенция и компетентность, а результаты образовательного процесса стали трактоваться как сформированность определенного в ООП набора компетенций. Данные изменения осуществляются в рамках так называемого компетентностного подхода в образовании [6].

Внедрение компетентностного подхода поставило перед учебными заведениями множество новых вопросов, в частности, вопросы модернизации учебного процесса для создания оптимальных условий формирования компетенций и их последующее измерение. Одним из главных требований при внедрении компетентностного подхода в образовательный процесс является требования измеримости, необходимое для сравнения уровней подготовки выпускников одной специальности (профиля) разных вузов. В России федеральные государственные стандарты третьего поколения содержат пункт о том, что учебные заведения должны обеспечить «разработку объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников».

В настоящий момент многочисленными исследователями, среди которых стоит отметить Д. Хаймса, Д.К. МакКлелланда, С. и Л. Спенсеров, В.И. Байденко, И.А. Зимнюю, А.В. Хуторского, А.И. Субетто, Ю.Г. Татур, А.С. Казаринову, В.А. Богословского, В. Хутмахера, Л.Л. Редько, А.В. Шумакову, рассмотрены различные аспекты компетентностного подхода: теоретико-методологический анализ сущности компетенций в частности, и

компетентностного подхода в общем, изучение коммуникативной, социально-перцептивной и других сторон компетентности [10, 12, 13, 16, 28–30, 48, 59, 61, 65–67, 124]. Однако ни в отечественной, ни в зарубежной литературе не существует единого подхода к проблеме оценки компетенций. Предлагаемые пути и решения локальны, а их применение зачастую ограничено конкретным направлением/ВУЗом.

Оценка компетенции представляет собой сложную задачу, для решения которой необходимо: определить средства оценки, построить математическую модель для обработки результатов и разработать процедуру по проверке адекватности оценки. Выбор средств оценивания обычно является определяющим. На основе анализа рассмотренной в работе литературы можно условно выделить два подхода к оценке компетенций.

Первая подход предполагает разработку инновационных средств оценки компетенции, и включает в себя такие методы, как портфолио, деловая игра, практических умений, кейс измерители тесты И Т.Π. зарекомендовали себя в профессиональной среде (например, в рекрутинговых агентствах), однако в образовательной сфере широкого распространения не получили. Это связано со сложностью разработки, субъективизмом оценки, неоднозначностью интерпретации результатов. Второй подход связан с использованием классических, общепринятых В образовательной измерительных средств (заданий): лабораторные, практические, курсовые работы, тесты, коллоквиумы, промежуточные и итоговые аттестации и др., с последующей обработкой полученных оценок (первичных баллов). Однако при их применении для оценки компетенции возникает ряд трудностей, связанных с неоднозначностью формирования наборов измерительных средств.

Общей проблемой для обоих подходов является выбор и обоснование математической модели обработки данных — первичных баллов, полученных при использовании оценочных средств. Модели, основанные на понятии среднего значения (например, определение доли правильных ответов), как правило, не учитывают различий методик преподавания и оценивания заданий,

зачастую их применение необоснованно. Результаты измерений являются нелинейными, они не обеспечивают «объективность» оценивания, т.е. результаты оценки зависимы от используемого набора заданий, следствием чего является невозможность прямого сравнения оценок компетенций студентов, полученных по разным наборам заданий.

Таким образом, одной из наиболее сложных и до конца не решенных проблем, связанных с переходом образовательных программ на термины компетенций, является разработка инструментария для оценки компетенций.

В свете вышеизложенного, разработка математической модели оценки компетенции, методов проведения оценки и программного обеспечения для автоматизации процессов оценки является актуальной задачей высшего профессионального образования.

Цель исследования состоит в разработке моделей, методов, алгоритмов, методического и программного обеспечения для оценки компетенций студентов ВУЗов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1. Провести исследование учебно-воспитательного процесса в университете с целью моделирования процесса формирования компетенций, предложить метод определения индикаторов сформированности компетенций.
- 2. Разработать математическую модель оценки компетенций и методику проведения измерения компетенций.
- 3. Реализовать передоложенные модели, методы и методики в виде математического, алгоритмического и программного обеспечения, используемого для формирования оценки сформированности компетенций в ВУЗе.
- 4. Проверить валидность предложенной методики и адекватность моделей на примере оценки компетенций какого-либо направления подготовки.

Объект исследования: мониторинг образовательной деятельности студентов.

Предмет исследования: моделирование процессов формирования и оценки компетенций.

Методы исследования: для решения поставленных задач использовались методы системного анализа, математического моделирования, когнитивного моделирования, теории латентных переменных и теории нечетких множеств.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- 1. Разработаны новая латентная модель экзаменационных оценок и метод оценки компетенций на основе теории латентных переменных.
- 2. Предложены модель процесса формирования компетенции (карта компетенции), метод ее построения и верификации.
- 3. Разработана методика оценки сформированности компетенций студентов ВУЗов, статистической проверки адекватности и валидности результатов оценивания.
- 4. Разработано математическое и алгоритмическое обеспечения для решения задач построения карт компетенций, оценки компетенций студентов, расчетов их статистических характеристик.

Предложенные модели, методы и программное средство апробированы на кафедре «Информатики и Кибернетики» Байкальского Государственного Университета Экономики и Права (БГУЭП) для оценки компетенций студентов направления подготовки «Прикладная информатика в экономике».

Практическая значимость работы заключается в разработанных процедурах обработки данных, реализованных в виде программного продукта СПКООП. Данные процедуры прошли практическую проверку в рамках научно-исследовательской работы «Современные информационнотелекоммуникационные технологии в управлении социально-экономическими и технологическими процессами», выполняемой на кафедре «Информатики и Кибернетики» БГУЭП в 2013-2014 гг. Разработаны и апробированы карты компетенций по направлению подготовки 230700 «Прикладная информатика», профиль подготовки «Информационные системы и технологии в управлении», квалификация бакалавр.

Теоретическая значимость работы

Раскрыта возможность применения теории латентных переменных к задаче оценки компетенций, показана зависимость между сформированностью компетенций и успешностью выполненя экзаменационных заданий, разработаны модели оценивания компетенции, проведено исследование точности оценивания.

Достоверность результатов:

Достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается корректным методом применения исследований, вычислительными экспериментами и статистическими проверками результатов вычислений.

Апробация работы:

Основные положения проведенного исследования докладывались и всесторонне обсуждались на VII международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные аспекты современной науки» г. Белгород, 2015 г., конференции ППС БГУЭП в 2015 г., ежегодных конференциях аспирантов кафедры «Информатики и кибернетики» (2010-2014) гг.). Получены два свидетельства о регистрации программных продуктов. Результаты диссертации отражены в отчетах о научно-исследовательских работах «Совершенствование организации и управления научно-учебным 2011-15 процессом» за ΓΓ. И «Современные информационнотелекоммуникационные технологии в управлении социально-экономическими и техническими процессами» за 2014-2015 гг.

Сведения о публикациях:

- Родионов А.В. Исследование влияния многомерности данных на оценку компетенций с использованием IRT-моделей / А.В. Родионов // Фундаментальные исследования. 2015. №10-2. С. 299-304.
- 2. Родионов А.В. Модификация рейтинговой параметрической модели оценки латентных факторов для измерения уровня сформированности

- компетенций / А.В Родионов // Известия Иркутской государственной экономической академии. $2014. N_2 6. C. 168-174.$
- 3. Родионов А.В. Применение IRT-моделей для анализа результатов обучения в рамках компетентностного подхода / А.В. Родионов, В.В. Братищенко // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: www.science-education.ru/118-13858
- 4. Родионов А.В. Решение задачи оценки результатов образовательного процесса с помощью балльно-рейтинговой системы // Современные информационно-телекоммуникационные технологии в управлении социально-экономическими системами / под общ. ред. А. П. Суходолова. Иркутск: Издво БГУЭП. 2013. С.62-87.
- 5. Родионов А.В. Использование методов когнитивного моделирования для построения компетентностно-орентированного образовательного процесса / А.В. Родионов // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015. № 7-1. С.19-24.
- 6. Родионов А.В. Использование латентно-структурного анализа при проверке пригодности индикаторных переменных для оценки общекультурных компетенций / А.В. Родионов // Применение математических методов и информационных технологий в науке, образовании и экономике: сб. науч. тр. Иркутск: Издательство БГУЭП. 2013. №11 С.103-109.
- 7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614914. Автоматизированная информационная система «Внеучебная деятельность» / А.В. Родионов, Т.Ю. Новгородцева, В.В. Братищенко // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2014.
- 8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015616399. СПКООП / А.В. Родионов // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2015.

Структура и объем работы:

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 138 наименований и 6 приложений, содержащих 66 страниц. Общий объем работы составляет 228 страниц, в том числе основного текста –162 станицы, включая 26 таблиц, 34 рисунка, 147 формул.

Глава 1. Анализ средств, моделей и методов оценки результатов учебного процесса

1.1. Компетенции и компетентность как основной результат обучения

В настоящее время концепция компетентностного подхода активно распространяется в образовательной сфере многих стран мира, и наша страна не стала исключением. В течение многих десятилетий в системе образования господствовал квалификационный подход, и результаты образовательного процесса описывались знаниями, умениями и навыками, которые освоил студент в результате обучения. Эта система была эффективна в свое время, не даром советское образования считалось одним из лучших в мире, однако последние тенденции развития мировой экономики приводят к пониманию того, что ЗУН-ориентированное образование утрачивает свою эффективность.

Примерно в середине 20 века бизнес-сообществом была сформулирована проблема, которая заключается в следующем: квалификационный подход перестал удовлетворять потребность компаний в грамотных работниках, так как требования, предъявляемые организациями, принципиально отличны от критериев готовности специалиста. Данное противоречие и стало началом поиска новых решений в как в образовании, так и в корпоративной сфере. Для решения возникшего противоречия была предложена компетентностно — квалификационная модель, легшая в основу компетентностного подхода.

Компетентностный подход меняет акценты обучения — на первое место выходят умения решать проблемы, возникающие в практической деятельности, а не всеобщая (часто поверхностная) информированность студента. Основы компетентностного подхода были заложены в 60-70 гг. 20 века зарубежными исследователями — Д. Хаймсом, Д.К. МакКлелландом, С и Л. Спенсерами и некоторыми другими [59, 87, 99, 110]. Именно в их работах впервые появляются термины компетенция и компетентность в области изучения иностранных языков. Впервые была продемонстрирована принципиальная

возможность использования компетенций для оценки профессионализма в менеджменте, управлении, руководстве, общении. В дальнейшем различными аспектами компетенций занимались многие исследователи, как у нас в стране, так и за рубежом – В.И. Байденко, И.А. Зимняя, А.В. Хуторской, А.И. Субетто, Ю.Г. Татур, А.С. Казаринов, В.А. Богословский и многие другие [11–13, 15, 58, 61, 67].

В Болонском процессе компетентностный подход декларирует, что:

- компетенции интерпретируются как единый язык для описания академических, профессиональных профилей и уровней высшего образования;
- язык компетенций является наиболее адекватным для описания результатов образования;
- ориентация стандартов, учебных планов на результаты образования делает квалификации сравнимыми и прозрачными во всем европейском образовательном пространстве.

В Европе в 2000 гг. в рамках проект TUNING были сформулированы постулаты о применении «обучения на основе компетенций» как средства для оценки результатов образования и сравнения подготовки бакалавров и магистров в рамках одной образовательной программы. Отмечается, что компетенции представляют собой динамичную комбинацию мировоззрения, знаний, умений и навыков. Развитие компетенции — задача образовательных программ. Компетенция формируется по разным дисциплинам и на разных этапах обучения. Результаты обучения могут выражаться в том, сколько и на сколько освоены компетенции [12].

В нашей стране компетентностный подход появился не так давно, и в отличии от Запада, где он возник эволюционным путем (как ответ на требования работодателей) и трансформировался в рабочую систему в течении десятилетий, был предложен на государственном уровне. Внедрение компетентностного подхода в России обусловлено стремлением сохранения

баланса с европейским образованием (реализация Болонской декларации), и документально закреплено в таких документах, как «Концепции модернизации российского образования до 2010 года», Федеральной целевой программе развития образования на 2006-2010. Результатом этого стали принятые в конце 2010 года Федеральные образовательные стандарты третьего поколения высшего профессионального образования (ФГОС ВПО или просто ФГОС), разработанные с учетом компетентностного подхода. Сравнение квалификационного и компетентностного подхода приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение квалификационного и компетентностного подхода

Критерий	Квалификационный подход	Компетентностный подход
Ориентация	Получение квалификации. Жестко	Формирование личности
	привязан к предмету	специалиста, выраженной в
	профессиональной деятельности	единстве его знаний,
		практической подготовки,
		способности и высокой мотивации
		осуществлять все виды
		профессиональной и социальной
Модель обучения	Предметная	Междисциплинарная,
	надпредметная	
Результаты	Знания, умения и навыки	Комплекс компетенций
		(компетентность)
Нормативная база	ГОС ВПО второго поколения ФГОС ВПО третьего поколения	
Вариативность	Жестко регламентирован	Большая доля «вариативных»
плана	дисциплин	
Образовательные	«Академический» характер	Проблемное обучение, метод
технологии	образовательных технологий	проектов, модульное обучение и
	(передача знаний)	пр.
Акцент обучения	Содержание образования (что	Результат образования
	преподают)	(какими компетенциями обладает
		студент)

В отличие от традиционной оценки качества подготовки специалистов, базирующейся на термины «знания», «умения», «навыки» стандарты третьего поколения используют понятия «компетентность» и «компетенция». И хотя эти термины являются достаточно устоявшимися и часто употребляются, но их трактовка очень неоднозначна. Приведем некоторые определения. В современном «Толковом словаре иноязычных слов» компетенция трактуется как «осведомленность в каком-нибудь круге вопросов, какой-нибудь области

знания». А «компетентный» - как «знающий, осведомленный, авторитетный в какой-либо области», «обладающий компетенцией» [33].

В работах И.А. Зимней приведены следующие понятия и определения [29, 30]:

- ключевые компетенции обобщенно представленные основные компетентности, которые обеспечивают нормальную жизнедеятельность человека в социуме;
- профессиональные и учебные компетентности формируются для и проявляются в соответствующих видах деятельности человека;
- социальные (в узком смысле слова) компетентности, характеризуют
 взаимодействие человека с обществом, социумом, другими людьми.

Согласно А.В. Хуторскому [66], компетенция включает совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов, и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним. Компетентность — владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к ней и предмету деятельности.

По мнению Н. С. Сахаровой [57] понятия компетентность и компетенция имеют как общие признаки, так и специфические черты, а их содержание является объектом бурных дискуссий в научных кругах. В теории и методике современного профессионального образования рассматриваемые термины часто употребляются крайне неоднозначно. На основе изучения этимологии и семантики слова, она приходит к выводу, что это понятие следует рассматривать, как единство двух сторон одного явления: процесс действия («добиваюсь, достигаю») – состояние («соответствую, подхожу»).

ФГОС дает следующие определения. Компетенция – способность применять знания, умения, навыки и личностные качества для успешной деятельности в различных проблемных профессиональных и жизненных

ситуациях. Компетентность — уровень владения выпускником совокупностью компетенций, отражающий степень готовности к применению знаний, умений, навыков и сформированных на их основе компетенций для успешной деятельности в определенной области.

Также на текущий момент можно выделить два направления: дифференцирующее рассматриваемые термины и отождествляющие их. Например, А.В. Хуторской, И.А. Зимняя, А.Г. Бермус и пр. дифференцируют данные понятия, так как, по их мнению, компетенция есть первичная сущность, а компетентность – вторичная [14, 28–30, 65, 67]. М.В. Рыжаков, В.А. Болотов, В.С. Леднев и др. наоборот, отождествляют данные понятия, однако обращают внимание на практическую направленность компетенций [17, 37, 55, 56].

Таким образом, несмотря на почти полувековую историю развития компетентностного подхода до сих пор существует (и это признаётся самими исследователями) проблема неоднозначности трактовки системообразующих понятий. Являясь символическими сущностями, понятия «компетенция» и «компетентность» не связаны с реально существующими объектами, их нельзя как-либо «пощупать» и т.п. Иными словами, это образ, существующий в сознании исследователя. Следует отметить, что терминология очень сильно зависит как от точки зрения исследователя, так и от области знаний, поэтому создать универсальное, абсолютно истинное определение вероятнее всего практически невозможно.

Общим для рассмотренных работ является представление компетенции как некой личностной черты, свойственную людям в той или иной мере, и проявляющуюся в какой-либо деятельности. Некоторые компетенции доступны человеку от рождения, некоторые приобретаются в последующем в рамках обучения и работы. Компетентность же рассматривается как некоторый набор освоенных компетенций человека

Сущность «компетентности» следует воспринимать комплексно, как некоторую систему, имеющую свою внутреннюю структуру и принципы организации. Таким образом, методологической основой исследования

компетентности и ее структуры как некого системного множества компетенций, может являться системный подход.

Системный анализ обычно осуществляется в нескольких этапов, однако почти каждый автор трактует их по-своему [8, 20, 60, 70, 72]. Обобщая эти работы, выделим основные этапы: постановка задачи; структуризация системы и ее проблем; построение и исследование модели с последующей выработкой рекомендаций по совершенствованию системы.

1.2. Системные закономерности формирования компетенций

Основной задачей данной работы является исследование системы контроля результатов образования в рамках компетентностного подхода. Контроль результатов образовательного процесса осуществляется с помощью компетенций, поэтому необходимо рассмотреть структуру и процесс формирования компетентности и компетенций человека. Здесь необходимо отметить, что абитуриент, поступая в ВУЗ, уже имеет определенный набор компетенций, который был им получен при обучении в школе, дома, общении и пр. Контроль же результатов образовательного процесса касается только компетенций, которые должны быть сформированы у студента в рамках обучения согласно ФГОС. Обобщено структуру компетентности можно представить в следующем виде (рисунок 1).

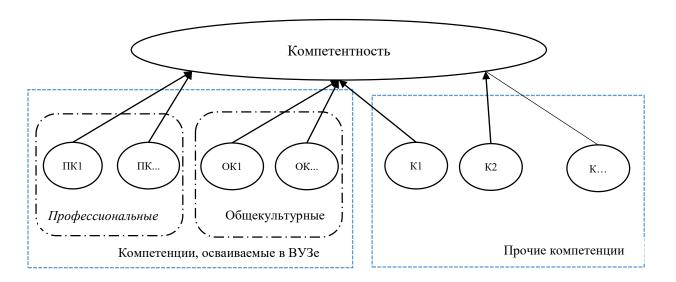


Рисунок 1. Стуктура комптентности человека

В дальнейшем в работе мы будем рассматривать только те компетенции, которые осваиваются в ВУЗе. В рамках учебного процесса в университете наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на формирование компетенций студентов, являются учебные дисциплины, учебные практики, различного рода научно-практические мероприятия и пр. Но весь мир, в котором мы живем, существует не отдельными фрагментами, а цельно и неделимо, и компетентность не является исключением. Согласно определению, данному в большом энциклопедическом словаре, система представляет собой множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство [73]. Причем система в большей степени зависит не от состава частей, а от того, как эти части взаимодействуют друг с другом. Возникает задача построения модели системы формирования компетенции.

В научной литературе описано несколько различных путей построения моделей компетенции [128], но основными являются два: выделение индикаторов –группировка индикаторов в компетенции – построение модели; выделение компетенции – определение индикаторов – построение модели. При определении пути следует ориентироваться на особенности предметной области. В случае ВПО следует использовать второй путь, т.к. комплект компетенций изначально определяется федеральными стандартами,

объеденные в две группы: общекультурные и профессиональные. На федеральном уровне происходит выделение набора базовых и наиболее значимых для соответствующего направления подготовки компетенций, которые являются основой единства обучения в различных ВУЗах страны.

Рассмотрим систему формирования компетенций. Исходя из определения системы, данном Берталанфи Л.: «система – совокупность элементов, находящихся в определённых отношениях друг с другом и со средой» [108], основными элементы системы формирования компетенции в рамках образовательного процесса в университете будут учебные дисциплины. Эти элементы и будут является внутренней средой системы. Компетентность, формируемая в результате обучения в ВУЗе (назовем ее профессиональной компетентностью), может рассматриваться как общей подсистема компетентности человека, т.е. внешней средой будут является прочие компетенции, не формируемые в рамках учебного процесса.

Формирование любой компетенции, определённой во ФГОС по какомулибо направлению, происходит при изучении нескольких учебных дисциплин, некоторые из которых, по своей сути и содержанию, должны «опираться» на другие (например, не зная базовых математических операций, нельзя изучать математический анализ). Таким образом, можно сформулировать определения входа и выхода элементов: под входом будем понимать знания, умения и навыки, полученные при изучении других дисциплин (элементов), и от которых зависит успешность освоения текущей дисциплины (элемента), а выход элемента: новый набор знаний, умений и навыков, приобретённых при изучении данной дисциплины (элемента). Тогда структурную схему системы формирования компетенции можно изобразить в следующем виде (см. рисунок 2).

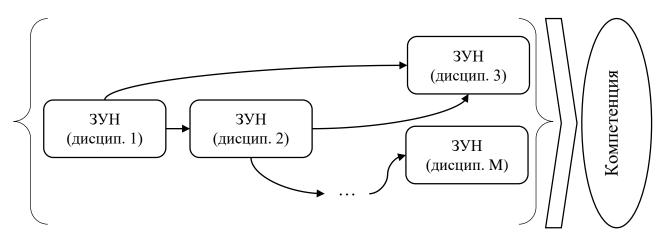


Рисунок 2. Структура формирования компетенции

В связи с тем, что одни и те же дисциплины могут формировать несколько компетенций, компетенции зависимы друг от друга, а также взаимно дополняют друг друга. Система, описывающая процесс формирования компетенций, относится к классу сложных, так как содержит множество элементов, находящихся в различных связях.

Рассмотрим признаки компетенции как системы:

- свойства компетенции отличаются от свойств входящих элементов:
 знаний, умений и навыков, и, как следствие, сама компетенция не равна
 простой сумме входящих элементов (свойство эмерджентности);
- основным фактором системообразования является достижение определенных практических целей и задач (целенаправленность);
- состоит из множества вложенных элементов, взаимодействующих друг с другом (взаимосвязанность);
- компетенция сохраняет свои свойства при решения схожих между собой задач, в том числе и в другой предметной области (адаптивность);
- целенаправленности различных компетенции не совпадают друг с другом, т.е. присутствует изолированность компетенций друг от друга (обособленность);
- элементы одной компетенции могут является так же и элементами другой или других компетенций (совместимость)

Таким образом, компетенция носит интегральный характер, объединяя знания, умения навыки, но не является простой суммой входящих элементов. Ключевым вопросом становится сочетаемость и последовательность элементов. Некоторые дисциплины основываются на навыках, полученных при изучении других, «базовых» по отношению к ним, дисциплин, и их нельзя изучать раньше «базовых». С другой стороны, после окончания процесса обучения, количество полученной информации начинает монотонно убывать. Процесс забывания описан в следующих работах [9, 71]. Кривая забывания в общем случае имеет форму гиперболы: вначале процесс забывания идет быстрее, забывается информация, которая перестала быть постоянно необходимой для человека, что приводит к следующему выводу: между временем изучения базовых и последующих дисциплин не должно быть большого разрыва.

учетом вышесказанного, задача построения модели формирования компетенции (обобщено) может быть сведена к следующему: для каждой компетенции, определенной во ФГОС необходимо определить соответствующие наборы дисциплин; построить последовательность изучения; определить индикаторы уровней сформированности компетенции. Такую модель назовем «картой компетенции». Введенное определение в целом соответствует термину «карта компетенции», встречающемуся в ряде работ [5, 23, 34], в которых под ним понимается компонентный состав компетенции, технологии ее формирования и оценки. Карта компетенции позволяет определить перечень дисциплин, формирующих компетенцию, и используя определенные алгоритмы и методы, позволяет построить траекторию изучения дисциплин (учебный план) и набор индикаторов для оценки сформированности компетенции.

В настоящий момент обоснованных методик формирования такой карты не существует. Преподаватели, формируя рабочую программу, самостоятельно, исходя из своего опыта, указывают, какие компетенции формируются при изучении дисциплины. Далее, в учебно-методическом отделе, это информация анализируется и группируется, и на ее основе создается матрица компетенций

(своего рода «групповая» карта компетенций). Недостатками такого подхода является сильная субъективность и непрозрачность. Для формализации процесса построения карты компетенции предлагается использовать один из методов системного анализа, применяемого для моделирования сложных систем – метод когнитивного моделирования.

Метод когнитивного моделирования предназначен ДЛЯ анализа и принятия решений в плохо определенных ситуациях, был предложен 83]. Аксельродом [82, Когнитивное моделирование основано на аккумулировании субъективных представлений экспертов, ДЛЯ используется аппарат знаковых, взвешенных знаковых и функциональных знаковых графов. Возможна работа с данными как качественного, так и количественного типа. Поэтому его достаточно удобно использовать при исследовании развития и функционирования слабоструктурированных систем, к которым можно отнести и процесс формирования компетенции.

1.3. Индикаторы сформированности компетенции

Качество подготовки специалиста определяется посредством совокупности характеристик его индивидуальных образовательных достижений [47]. Согласно федеральным образовательным стандартам третьего поколения, такими характеристиками признаны компетенции и соответственно ставится об Если вопрос ИХ измерениях. компетенции являются исследования, то объектом, который наблюдает, измеряет и изменяет исследователь, выступают не сами компетенции, а их внешние проявления (признаки). Такие признаки в работе Спенсера получили название индикаторов или индикаторных заданий. Индикаторы измеряются каким-либо способом, а компетенции оцениваются на основании обработки измерений индикаторов. Для этого необходимо:

- определить индикаторы и провести контролирующие мероприятия;

 обработать полученные ответы испытуемых (студентов) для получения оценки компетенции.

Данные задачи ФГОС прямо относит к компетенциям ВУЗов, и их решение возлагается профессорско-преподавательский состав, а также администрацию учебных заведений. В общем случае под индикаторами в учебном процессе понимаются различные контрольные материалы и средства, которые обобщенно можно разделить на две группы: классические и инновационные. К классическим средствам можно отнести:

- выполнение проекта (курсовой, исследовательский, обучающий, сервисный, социальный, творческий, рекламно- презентационный т.п.);
- контрольная работа, индивидуальное, домашнее задание, лабораторная работа, практические занятия;
- лабораторная работа, практические занятия, практический экзамен,
 учебная/производственная (преддипломная) практика;
- исследовательская работа;
- письменный/устный экзамен;
- выпускная квалификационная работа.

Компетенции проявляются в профессиональной деятельности, а это зачастую требует для измерения заданий, специально имитирующие реальные рабочие ситуации. Это привело как к разработке ряда принципиально новых (инновационных) оценочных средств, так и переосмыслению сравнительно давно существующих. К инновационным средствам следует отнести:

- портфолио;
- деловая игра;
- проектная деятельность;
- тесты практических умений/стандартизованные тесты;
- кейс измерители.

Данные измерительные средства достаточно хорошо зарекомендовали себя в профессиональной среде (например, в рекрутинговых агентствах и т.п.),

однако в образовательной среде широкого распространения не получили. Это связано как со сложностью разработки и применения, так и с неоднозначностью оценки и последующей интерпретации результатов. Для их применения преподаватель хорошо владеть данными инструментами, знать их сильные и слабые стороны, возможности и сферы использования. Трудоемкость их разработки так же во много раз выше, чем классических средств.

Таким образом, используя хорошо известный в науке с давних времен принцип «бритва Оккама», который в кратком виде формулируется как «не следует множить сущности без необходимости», автор считает разработку инновационных средств оценивания не обоснованным и не рациональным шагом. Если существует возможность использовать те оценочные средства, которые хорошо знакомы преподавателям, то этим следует воспользоваться, однако стоит переосмыслить их сущность.

Выполнение индикаторов происходит в рамках контрольных мероприятий. ФГОС выделяют следующие типы контроля освоения образовательной программы [74]:

- текущий контроль;
- промежуточный контроль;
- итоговый контроль.

Текущий контроль представляет собой проверку усвоения учебного материала, регулярно осуществляемую на протяжении семестра. К достоинствам данного типа относится его систематичность, непосредственно коррелирующая с требованием постоянного и непрерывного мониторинга качества обучения. Минусом же является фрагментарность и локальность проверки, а также отсутствие накопленной статистики: контроль проводят преподаватели, и, как правило, оценки за него не заносятся в базу данных ВУЗов.

Промежуточный контроль осуществляется в конце семестра и может завершать изучение отдельной дисциплины или его раздела (разделов).

Подобный контроль помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений. Оценки промежуточного контроля в обязательном порядке заносятся в информационную систему, в общем случае в виде оценки в четырехбальной шкале, а также иногда и стобальной рейтинговой шкале.

Итоговый контроль служит для проверки результатов обучения в целом. Это своего рода «государственная приемка» выпускника при участии внешних экспертов, в том числе работодателей. Может служить для экспертного подтверждения освоения комплекта компетенций.

После проведения контрольных мероприятий формируются оценки индикаторов — первичные баллы. После этого необходимо провести обработку полученных данных с целью определения оценки компетенции. Рассмотрим возможные модели и методы обработки данных.

1.4. Модели обработки первичных баллов

Исходными данными для анализа являются первичные баллы множество оценок, которые получил студент, выполняя индикаторные задания. Следовательно, важнейшим этапом измерения является определение математической модели, с помощью которой можно получить агрегированный показатель (интегральную оценку, \tilde{Y}), который и будет характеризовать уровень сформированности компетенции студента. В настоящее время существует большое количество разнообразных моделей, позволяющих получить интегральную оценку. Модели, которые можно использовать в сфере образования, можно условно разделить на три группы: модели среднего значения, модели на основе нечеткой логики, и вероятностные модели (рисунок 3).

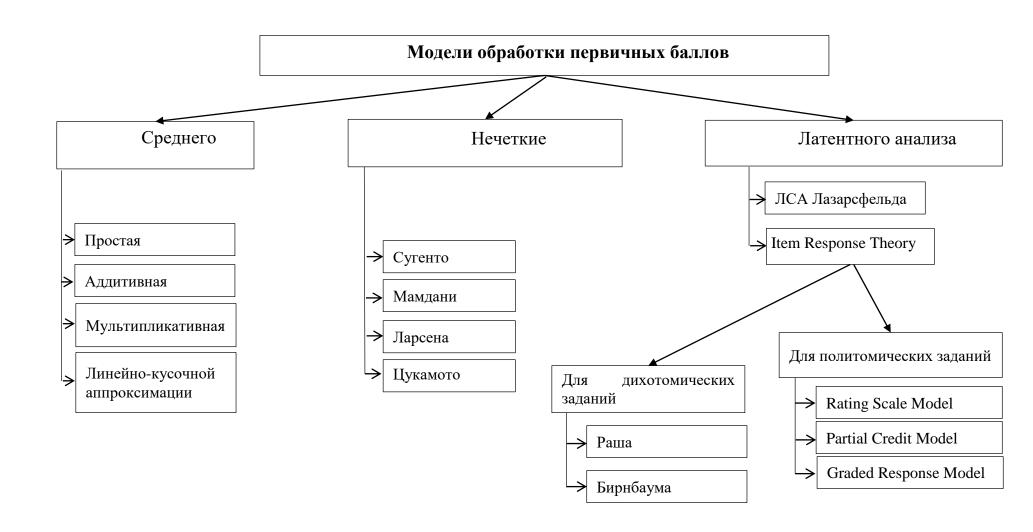


Рисунок 3. Классификация моделей обработки первичных баллов

1.4.1. Модели среднего значения

Общее понятие средней величины введено французским математиком первой половины XIX в. О. Коши: средней величиной является любая функция $f(x_1,...x_n)$, такая, что при всех возможных значениях аргументов значение этой функции не меньше, чем минимальное из чисел $x_1,...x_n$, и не больше, чем максимальное из этих чисел [43]. Все перечисленные ниже модели дают значение оценки – среднее по Коши.

Средний бал (простая модель). Предполагается, что все заданий оцениваются в порядковой шкале. Итоговая оценка \tilde{Y} вычисляется по формуле [27]:

$$\tilde{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{M} y_j}{M},\tag{1.1}$$

где M- количество заданий; j- порядковый номер задания, i=1,M; y_j- количество баллов, полученных за выполнение j-го задания.

Данный показатель очень часто используется в педагогической практике. Однако А.И. Орловым в 1970-х годах была разработана методика, согласно которой можно описать вид допустимых средних в основных шкалах [44]. В порядковой шкале из всех средних по Коши в качестве средних можно использовать только члены вариационного ряда (порядковые статистики), в частности, медиану (при нечетном объеме выборки, при четном – один из двух центральных членов вариационного ряда – как их иногда называют, левую медиану или правую медиану), но не среднее арифметическое, среднее геометрическое и т.д. Но и использование медианы в образовательном процессе малоинформативно из-за слишком грубой оценки в четырехбальной шкале. Также не учитывается ни сами задания, ни время их выполнения. Таким образом, использовать эту модель для оценки компетенции вряд ли возможно.

Аддитивная модель. В случае использования для оценки компетенции аддитивной модели, итоговая оценка выражается следующей формулой:

$$\tilde{Y} = \sum_{i=1}^{N} \omega_j * y_j, \tag{1.2}$$

где j – порядковый номер задания, $j = \overline{1,M}$; ω_j – вес j-го задания, $\sum_{j=1}^M \omega_j = 1$; y_j – количество баллов, полученных за выполнение j-го задания.

Основной особенностью применения данного метода является свойство взаимной компенсации частных критериев (оценок заданий), т.е. уменьшение значения оценки одного задания до нуля может быть скомпенсировано возрастанием оценки другого. Весовые коэффициенты несколько нивелируют эту особенность, но не до конца. Некоторые авторы указывают [19], что данный прием никак не вытекает из объективной роли частных критериев, т.е. по своей сути является формальным, придающим задаче удобный вид для решения. Однако, несмотря на эти недостатки, аддитивная свертка является очень распространённым способом получения агрегированного значения и с успехом используется для решения многих задач.

Модель линейно-кусочной аппроксимации является развитием аддитивной модели, предложена в работах Л.В. Зайцевой [26, 27]. Введены три дидактических понятия: трудность, значимость и спецификация. Оценка вычисляется по следующей формуле

$$\tilde{Y} = \overline{Y} + \zeta_1 * \rho + \zeta_2 \frac{\gamma_n - M}{M} + \zeta_3 \frac{\gamma_c}{M} + \zeta_4 \frac{\gamma_b}{M}, \qquad (1.3)$$

где \overline{Y} — средний балл; ρ — ранг обучаемого, $\rho = \overline{1,3}$; γ_n — количество попыток выполнения заданий; γ_b — количество заданий, выполненных с превышением отведенного времени; γ_c — количество обращений к справочной информации; ζ_1, \dots, ζ_4 — коэффициенты, определяемые экспертным путем.

Средний бал определяется по формуле (1.2), в которой под ω_i понимается набор весовых коэффициентов заданий, который зависит от их «дидактических» характеристиках; y_j – количество баллов, полученных за выполнение j-го задания.

К достоинствам данной модели можно отнести большое число параметров, которые при правильном использовании могут дать достаточно точную итоговую оценку. Однако из достоинства вытекают и недостатки – нет формализованных процедур, которые помогли бы оценить параметры модели. Практически все упирается в экспертов, т.е. сильно велика субъективная составляющая. Так же не представлено никаких инструментов, которые могли бы оценить «качество» модели, адекватность ее использования в различных ситуациях.

Мультипликативная модель основывается на следующем постулате: «низкая оценка хотя бы по одному критерию влечет за собой низкое значение итогового значения» и выражается следующей формулой:

$$\tilde{Y} = \prod_{j=1}^{M} y_j^{\omega_j} , \qquad (1.4)$$

где j — порядковый номер задания, $j = \overline{1,M}$; ω_i — вес j-го индикатора; y_j — количество баллов, полученных за выполнение i-го задания.

Мультипликативный критерий зачастую не требует нормирования частных критериев (индикаторов). Недостатки данной модели – существование значений неоднозначных компенсаций критериев, a также сглаживания уровня частных критериев. Общим же недостатком аддитивных и мультипликативных моделей является неопределённость В методике определения значений параметров заданий.

1.4.2. Нечеткие модели

В общем случае под нечеткой моделью понимается информационнологическая модель системы, построенная на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики. Бартоломеем Коско была доказана теорема о нечеткой аппроксимации (Fuzzy Approximation Theorem), согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике [100]. Согласно доказанной теореме, с помощью естественно-языковых высказываний — т.н. правил вида «если — то», с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств, можно сколько угодно точно отразить произвольную взаимосвязь «входы — выход» без использования сложного аппарата дифференциального и интегрального исчисления.

Исходным понятием теории нечетких множеств является понятие лингвистической переменной. Лингвистической переменной называется кортеж:

$$\left\{x, T(x), U, G, I\right\} \tag{1.5}$$

где x — имя переменной; T(x) — некоторое множество значений лингвистической переменной x, каждое из которых является нечетким числом на множестве U (терм-множество переменной x); U — универсальное множество, на котором определяется переменная x; G — синтаксическое правило для образования имен новых значений x; I — семантическая процедура, позволяющая преобразовать новое имя, образованное процедурой G, в нечеткую переменную (задать вид функции принадлежности), ассоциирует имя G сего значением, понятием.

Основная задача построения лингвистической переменной — определение функций принадлежности соответствующих термов. Для упрощения расчетов при построении шкал и классификаторов в отсутствии конкретной информации о виде функции принадлежности обычно берут нечеткие числа,

соответствующие терм-множествам, являются толерантными либо унимодальными (L-R)—числами [24, 46].

Нечеткие числа (L-R)-типа — это разновидность нечетких чисел специального вида, т.е. задаваемых по определенным правилам с целью снижения объема вычислений при операциях над ними.

Функции принадлежности нечетких чисел (L-R)-типа задаются с помощью невозрастающих на множестве неотрицательных действительных чисел функций действительного переменного L(x) и R(x).

Нечеткое число \overline{A} с функцией принадлежности $\mu_{\overline{A}}(x)$ будем называть унимодальным, если существует только одно значение x, при котором значение функции принадлежности равно единице.

Нечеткое число \overline{A} с функцией принадлежности $\mu_{\overline{A}}(x)$ будем называть толерантным, если существует непрерывный интервал значений x, в каждой точке которого значение функции принадлежности равно единице.

Толерантные нечеткие числа (L-R)-типа называют трапезоидными числами. Унимодальные нечеткие числа (L-R)-типа называют треугольными числами. Запишем функцию принадлежности толерантного нечеткого числа:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 0, \frac{a_1 - x}{a_L} < 0u \frac{x - a_2}{a_R} < 0 \\ 1, \frac{a_1 - x}{a_L} > 1u \frac{x - a_2}{a_R} > 1 \\ L\left(\frac{a_1 - x}{a_L}\right), 0 \le \frac{a_1 - x}{a_L} \le 1, a_L > 0 \end{cases}$$

$$R\left(\frac{x - a_2}{a_R}\right), 0 \le \frac{x - a_2}{a_R} \le 1, a_R > 0$$

$$(1.6)$$

Компактно нечеткое число \overline{A} можно записать в виде $\overline{A}=\left(a_{_{\!1\!}},a_{_{\!2\!}},a_{_{\!L\!}},a_{_{\!R}}\right)$ или $\mu_{_{\!A}}(x)=\left(a_{_{\!1\!}},a_{_{\!2\!}},a_{_{\!L\!}},a_{_{\!R}}\right).$ $a_{_{\!1\!}}$ и $a_{_{\!2\!}}$ называют интервалом толерантности, $a_{_{\!L\!}}$ и $a_{_{\!R\!}}$ – левым и правым коэффициентами нечеткости. Иногда (L-R)-число записывают

в виде $A=\left(a_{_1}a_{_2},a_{_3}a_{_4}\right)$, где $a_{_1}$ и $a_{_2}$ — абсциссы вершины трапеции, а $a_{_3}$ и $a_{_4}$ — абсциссы основания трапеции. Для треугольного числа справедлива запись $\bar{A}=\left(a_{_1},a_{_L}a_{_R}\right)$ и $\bar{A}=\left(a_{_1}a_{_2},a_{_3}\right)$ соответсвенно. Функция $L\left(\frac{a_{_1}-x}{a_{_L}}\right)$ — левая граница функции принадлежности толерантного (L-R)-числа, функция $R\left(\frac{x-a_{_2}}{a_{_R}}\right)$ — соответственно правая граница. Предполагается, что при $a_{_L}=0$ $L\left(\frac{a_{_1}-x}{a_{_L}}\right)=0$, при $a_{_R}=0$ — $R\left(\frac{x-a_{_2}}{a_{_R}}\right)=0$.

Множеством α - уровня нечеткого числа \overline{A} , определенного на универсальном множестве U, называется четкое подмножество \overline{A}_{α} универсального множества U , определяемое в виде [25]:

$$\bar{A}_{\alpha} = \left\{ x \in U \middle| \mu_{\bar{A}}(x) \ge \alpha \right\}, \alpha \in [0,1], \tag{1.7}$$

Согласно теореме о декомпозиции любое нечеткое число можно разложить по множествам альфа-уровней [32]. В случае с трапезоидными числами все операци можно свести к интервальным операциям, интервалы определяются на 0 и 1 α -уровне.

Для получения оценки компетенций в рамках использования теории нечетких множеств применимы две группы моделей:

- нечеткий логический вывод (установление эквивалентности);
- агрегирование нечетких переменных.

Нечеткий логический вывод

Пусть \overline{x} и $\overline{x'}$ — наименование входной и выходной лингвистической переменной, а \overline{A} и \overline{B} — некоторые нечеткие числа (функции принадлежности), взятые из терм-множеств переменных \overline{x} и $\overline{x'}$. Лингвистическим правилом нечеткого логического вывода «ЕСЛИ ... ТО...» называется конструкция вида:

$$\Pi$$
1: если \overline{x} есть \overline{A} , то $\overline{x'}$ есть \overline{B} ,

где \overline{x} есть \overline{A} — нечеткое высказывание, называемое предпосылкой, а $\overline{x'}$ есть \overline{B} — нечеткое высказывание, называемое следствием или заключениям.

Алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефазификации. Известны следующие алгоритмы: Мамдани, Сугенто, Ларсена, Цукамото. В общем случае любой логический вывод осуществляется за четыре этапа:

1 этап. Введение нечеткости или фазификация. Функции принадлежности, определяемые на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой их предпосылок.

2 этап. Логический вывод. Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правили применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к одному нечеткому подмножеству, которое будет назначено каждой переменной вывода для каждого правила.

3 этап. Композиция. Все нечеткие подмножества, назначенные к каждой переменной вывода (во всех правилах), объединяются вместе, чтобы сформировать одно нечеткое подмножество для всех переменных вывода.

4 этап. Приведение к четкости (дефазификация). Используется если нужно преобразовать нечёткий набор выводов в четкое число.

1.4.3. Модели латентного анализа

Ключевым моментом в таких моделях являются утверждения о вероятностной природе правильного ответа испытуемого в зависимости от уровня его подготовки и характеристик задания, поэтому в процессе оценки неопределённости и количественного определения уровня подготовки используют вероятностные расчёты. При вычислении обычно учитываются такие параметры, как сложность и время выполнения задания, число

правильных ответов, общее число заданий и т.п. Выделим две группы моделей: латентно-структурный анализ Лазарсфельда и IRT.

Латентно-структурный анализ.

В общем случае под латентно-структурным анализом понимается вероятностно-статистического моделирования, идея которого основана на предположении о том, что наблюдаемое поведение (например, ответы индивидов на вопросы теста или анкеты) есть внешнее проявление некоторой скрытой (латентной) характеристики, присущей индивидам. Задача заключается в том, чтобы, изучив наблюдаемое поведение индивидов, вывести эту скрытую характеристику и разделить (классифицировать) индивидов по (равенству) ee значений. Под латентными ИЛИ переменными понимают такие переменные, которые не могут быть измерены в явном виде, а могут быть выражены через наблюдаемые переменные (индикаторные переменные). Исторически первым явился подход, предложенный Лазарсфельдом [35, 93, 95], и теперь носящий его имя: латентно-структурный анализ Лазарсфельда.

Суть модели, предложенной Лазарсфельдом, следующая: предполагается, что существует некоторая латентная глубинная переменная, которая объясняет внешнее поведение испытуемых. Это поведение выражается в ответе каждого испытуемого на определенные вопросы или задания. При этом латентная переменная номинальная, количество ее значений заранее известно. Фундаментом ЛСА является аксиома локальной независимости, которая формулируется следующим образом: при фиксации значения латентной переменной связи между наблюдаемыми переменными исчезают.

Существование латентной переменной в ЛСА постулируется, эта переменная может быть многомерной и значения ее могут быть получены по любым шкалам. Точные значения латентной переменной для отдельных респондентов не вычисляются, а описывается несколько т.н. латентных классов (совокупности испытуемых, имеющих одно и то же значение латентной

переменной), вычисляются вероятностные T.e. распределения ответов респондентов на все рассматриваемые вопросы. Для каждого возможного набора ответов на вопросы анкеты вычисляется вероятность попадания испытуемого, давшего такой набор ответов, в тот или иной латентный класс [62]. Автором было рассмотрено применение ЛСА ДЛЯ оценки общекультурных компетенций [49]. Недостатками данного подхода является довольно грубая оценка латентного фактора, это так же отмечено в [75, 78], сложность реализации алгоритма на большом объеме данных, а так же отсутствие программных средств для проведения вычислений.

Модели IRT.

Дальнейшее развитие подход, предложенный Лазарсфельдом, получил в рамках Item Response Theory (IRT, теория латентных переменных). К настоящему времени за рубежом появились сотни научных исследований по IRT, возникла эффективная практика применения теории, на её основе создаются адаптивные обучающие и контролирующие системы многих университетов и стран [3, 4, 85, 94, 96, 98, 106, 112]. В России название IRT такими словами, «теория латентных переводили как черт», «теория заданий», характеристических кривых «теория моделирования параметризации педагогических тестов», «современная» теория тестов и т.д. Столь заметные различия в переводах одного только названия IRT уже само по себе являются свидетельством неблагополучия в понимании её сути. Не лучшим образом обстоит дело с переводом на русский язык исходных понятий и положений IRT [1]. Таким образом, в рамках диссертационной работы будут преимущественно использоваться оригинальные английские термины.

Одним из основоположников моделей IRT стал Георг Раш [7]. Он ввел две меры: «логит уровня знаний», под которым понимается натуральный логарифм отношения доли правильных ответов испытуемого, на все предложенные задания, и «логит уровня трудности задания» – натуральный

логарифм доли неправильных ответов на задания к доле правильных ответов на тоже задание:

$$L_{z} = \ln\left(\frac{P}{1 - P}\right), L_{t} = \ln\left(\frac{1 - P}{P}\right), \tag{1.8}$$

где L_z — логит уровня знаний испытуемого; L_t — логит трудности задания; P — вероятность правильного ответа на вопрос.

Чем больше вероятность правильного ответа, тем большую оценку по шкале логитов получит испытуемый. В общем случае логит — это условная единица, в которой вычисляются оценки параметров IRT моделей, легко переводимая в любую другую шкалу, в связи с тем, что она является интервальной.

Основной предмет применения математических моделей IRT оценивание вероятности правильного ответа испытуемых на задания различной трудности. В IRT анализируются не суммы баллов испытуемого, а баллы, полученные по каждому заданию [2]. Само задание рассматривается как некоторая самостоятельная единица, обладающая определенным набором параметров. IRT основывается на принципе, что ответ испытуемого на какоелибо случайная, задание есть величина a не детерминированная. Предполагается, что ответ на задание есть реализация некой случайной величины, распределение которой может зависеть от многих параметров: самого испытуемого или задания, так или иначе влияющих на результат.

Исходные аксиомы измерений сводятся к тому, что интересующее свойство личности существует в латентном состоянии, устойчиво, имеется у данных испытуемых в каких-то количествах, измеряемо с некоторой погрешностью. IRT позволяет решить три ключевые задачи измерения:

- найти параметры заданий;
- найти параметры испытуемых;
- подобрать функцию $P_j(\theta) = f(\theta \delta_j)$, где θ значение исследуемой латентной переменной, δ_j уровень трудности j-го задания.

выбор вида используемой функции. Важным является предполагается нормальное распределение случайной величины, то выбор ограничивается двумя функциями: либо функцией семейства обычно интегральной функцией логистических кривых, либо нормального распределения, но логистические функции получили гораздо большее распространение в связи с простотой их аналитического задания. Пусть у – ответ испытуемого на задание, θ – латентная исследуемая величина, δ – параметр заданий. Тогда обобщенно любая IRT модель может быть записана следующей формулой:

$$P(y|\theta) = f(\theta, \delta, y), \tag{1.9}$$

Исторически первой и основной математической моделью IRT является однопараметрическая модель (1PL). Данная модель называется однопараметрической, потому что вероятность выполнения задания зависит от одного параметра. Пусть $y \in (0,1)$ — дихотомическая случайная величина, принимающая значение 1, если задание выполнено правильно, и 0 — если неправильно. Тогда вероятность положительного исхода (т.е. правильного ответа) испытуемого на задания, согласно однопараметрической модели, можно выразить формулой:

$$P(y_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j) = \frac{e^{\theta_i - \delta_j}}{1 + e^{\theta_i - \delta_j}}, \qquad (1.10)$$

где θ_i — параметр, описывающий латентную характеристику i-го человека (как правило, это способность или уровень достижений, связанный с выполняемыми заданиями); δ_j — параметр j-го пункта теста (задания, как правило, под ним понимается сложность задания); $i=\overline{1,N}$, N — общее количество испытуемых; $j=\overline{1,M}$, M — количество заданий.

А. Бирнбаумом предложена двухпараметрическая модель (2PL), включающая параметр дифференцирующей способности задания [88]:

$$P(y_{ij} = 1 | \theta_i, a_j, \delta_j) = \frac{e^{a_j(\theta_i - \delta_j)}}{1 + e^{a_j(\theta_i - \delta_j)}}, \qquad (1.11)$$

где $a_{\scriptscriptstyle j}$ – дифференцирующая способность задания.

Известна также и трехпараметрическая модель (3PL), так же предложенная А. Бирнбаумом, в которой третий параметр измеряется способность студента угадать ответ на задание (параметр угадывания).

$$P(y_{ij} = 1 | \theta_i, a_j, \delta_j, c_j) = c_j + (1 - c_j) \frac{e^{a_j(\theta_i - \delta_j)}}{1 + e^{a_j(\theta_i - \delta_j)}},$$
(1.12)

где $c_{\scriptscriptstyle j}$ – параметр угадывания.

Представленные выше модели просты и понятны, однако обладают одним общим свойством — они могут применятся только к дихотомическим заданиям, т.е. к заданиям с двумя возможными ответами (да или нет). Гораздо чаще встречаются задания, в которых возможны промежуточные варианты ответов, либо же вообще вариантов нет, вопрос является открытым, и ответ оценивается в какой-либо шкале (в отечественной педагогической практике часто используется четырехбалльная).

В 1978 D. Andrich [79–81] была предложена модель, предназначенная для использования с политомическими заданиями (т.е. с заданиям, имеющим больше двух вариантов ответов). На настоящий момент она известна как Rating Scale Model.

$$P(y_{ij} = k | \theta_i) = \frac{e^{\sum_{u=1}^{k} (\theta_i - (\delta_j + \tau_u))}}{1 + \sum_{v=1}^{K} e^{\sum_{u=1}^{v} (\theta_i - (\delta_j + \tau_u))}},$$
(1.13)

где k — оценка по j-ому заданию; K— размер шкалы, по которой оценивается задание; δ_j — сложность j-го задания; τ_u — сложность получения u — оценки.

В 1982 г. Masters для политомических заданий предложил Partial Credit Model (PCM) [94, 109, 130]:

$$P(y_{ij} = k | \theta_i) = \frac{e^{\sum_{u=0}^{k} (\theta_i - \delta_{ju})}}{1 + \sum_{v=1}^{K_j} e^{\sum_{u=0}^{v} (\theta_i - \delta_{ju})}},$$
(1.14)

где k — оценка по j-ому заданию; K_i — максимальная оценка j-го задания; δ_{ju} — threshold (пороговой) параметр, определяет сложность достижения u-шага j-го задания (пункта шкалы или оценки за задание).

Для упрощения расчетов принимается, что

$$\sum_{u=0}^{0} (\theta_{i} - \delta_{ju}) = 0, \sum_{u=0}^{k} (\theta_{i} - \delta_{ju}) \equiv \sum_{u=1}^{k} (\theta_{i} - \delta_{ju}).$$
 (1.15)

Еще одной известной моделью является Graded Response Model. Она была предложена в 1969 г. Samejima [117, 118]. В отличии от Partial Credit Model, которая предполагает, что задание состоит из нескольких независимых частей, в Graded Response Model задание состоит из частей-шагов, но для успешного выполнения последующего шага обязательно необходимо успешное выполнение предыдущего. Если какой-либо шаг выполнен, то считается, что предыдущие шаги так же выполнены успешно. Модель можно выразить следующим образом:

$$P(y_{ij} = k | \theta_i) = \frac{e^{1.7a_j(\theta_i - \delta_{jk})} - e^{1.7a_j(\theta_i - \delta_{jk+1})}}{(1 + e^{1.7a_j(\theta_i - \delta_{jk})}) - (1 + e^{1.7a_j(\theta_i - \delta_{jk+1})})},$$
(1.16)

где $a_{\scriptscriptstyle j}$ – параметр дифференцирующей способности задания.

В 1992 г. была предложена еще одна модификация РСМ — Generalized Partial Credit Mode [113]. Данная модель включает параметр дифференцирующей способности задания. Концептуально это похоже на расширенную двухпараметрическую модель для дихотомических заданий. Математическим модель выражается формулой:

$$P(y_{ij} = k | \theta_i) = \frac{e^{\sum_{u=0}^{k} 1.7a_j(\theta_i - \delta_{ju})}}{1 + \sum_{v=1}^{m_j} e^{\sum_{u=0}^{k} 1.7a_j(\theta_i - \delta_{ju})}}$$
(1.17)

где $a_{\scriptscriptstyle j}$ – параметр дифференцирующей способности задания.

Несомненным плюсом применения IRT моделей является возможность получать одновременно с оценками латентного фактора обоснованные статистические оценки заданий, что может служить основой для улучшения образовательных программ ВУЗа. Оценка уровня сформированности компетенции не зависит от набора заданий, а неполнота данных (пропуск некоторых комбинаций «испытуемый - задание») не является критичной. Таким, образом, из всех рассмотренных моделей именно IRT заслуживают наибольшего внимания.

1.5. Постановка задачи исследования

В рамках присоединения к Болонскому процессу идет постепенный отказ от системы подготовки специалистов, и переход на двухуровневую систему подготовки бакалавр-магистр. Акцент обучения смещается на результаты образования, a В образовательный процесс прочно вошло понятие компетентности, которое сейчас часто воспринимается как чуть ли не единственный критерий эффективности усвоения образовательной программы и педагогической деятельности. Требования оценок компетенций напрямую закреплены в нормативных документах по компетентностному подходу. А обзор литературы, посвящённой компетентностному подходу в целом, и компетенций В частности, показывает отсутствие каких-либо стандартизированных (единых) методов проведения данный процедуры.

Проведенный критический анализ рассмотренных в первой главе научных работ позволил выделить следующие основные положения:

- набор компетенций конкретного направления подготовки (компетентностная модель) определяется ФГОС, разработка дополнительных компетенций не требуется;
- в рамках учебного процесса ВУЗа компетенции формируются при изучении учебных дисциплин и закрепляются в практической

деятельности: при написании курсовых, выполнении учебной и производственной практики и т.п.;

- успешное формирование компетенций обуславливается последовательным изучением ряда дисциплин;
- набор освоенных компетенций определяет компетентность студента;
- компетенции носят латентный характер и проявляются лишь в процессе какой-либо деятельности, в частности, при выполнении учебных заданий.
 Тогда исходными данными для оценивания компетенций является:
- 1. Само множество компетенций, определенных во ФГОС по какомулибо направлению подготовки

$$G = \{g_1, g_2, ..., g_K\}, \tag{1.18}$$

где К – общее количество компетенций;

Данное множество назовем компетентнотью студента.

2. Набор изучаемых дисциплин, задаваемых кортежем:

$$D = (d_1, d_2, ..., d_M), (1.19)$$

где M — общее количество дисциплин.

Одна компетенция может формироваться при изучении нескольких дисциплин, и в рамках одной дисциплины может формироваться несколько компетенции. Структурная схема процесса формирования компетенций в ВУЗе представлена на рисунке 1.

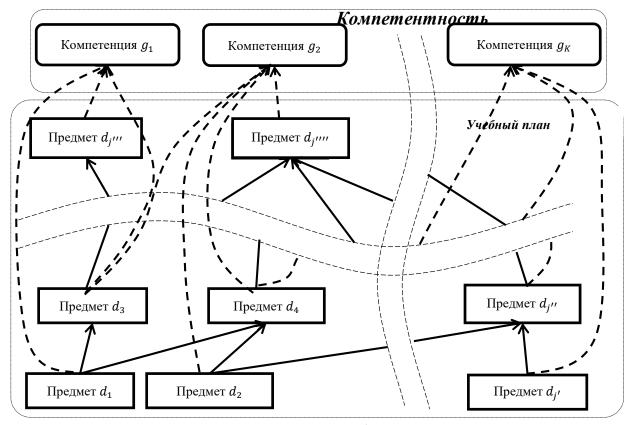


Рисунок 1. Структурная схема формирования компетенций **<- - -** дисциплины (предметы), непосредственно участвующий в формировании конкретной компетенции;

← последовательности изучения дисциплин (предметов).

В общем случае в процессе освоения дисциплин проявлением компетенции студента будут множество первичных баллов – результатов выполнения различных заданий:

$$Y = \{y_{iiq}\}, \tag{1.20}$$

где y_{ijq} — оценка, полученная i-ым студентом за выполненное q-ое задание по j- ой дисциплине, $i=\overline{1,N}$, N—общее количество студентов, обучающихся по какому-либо направлению подготовки.

Согласно проведенному исследованию из всего многообразия заданий для оценки сформированности компетенций целесообразно использовать задания промежуточной аттетестации. Несомненным плюсом является и простота задания конструкта – построив модель формирования компетенции, в которой определены дисциплины, влияющие на освоение компетенции, мы

однозначно определим и набор индикаторных заданий. В этом случае каждой учебной дисциплине будет соответствовать одно задание, а матрицу первичных баллов (1.20) для оценки κ -ой компетенции можно представить в виде:

$$Y^{(\kappa)} = \{ y_{ii} \}. \tag{1.21}$$

Тогда для определения набора индикаторных заданий необходимо, используя данные (1.19), построить модель процесса формирования κ -ой компетенции в виде:

$$\overline{\overline{g}_{\kappa}} = \left\{ D^{(\kappa)}, \Omega \right\},\tag{1.22}$$

где Ω — бинарное отношение на множестве $D^{(\kappa)}$, определяющее последовательность изучения учебных дисциплин, и, согласно построенной g_{κ} , определить набор заданий и соответствующую матрицу первичных баллов $Y^{(\kappa)}$.

Для обработки первичных баллов вида (1.20) и (1.21) необходимо предложить модель (модели) И методику сформированности оценки компетеннции. Основным требованием к оценке компетенции является «объективность» – независимость полученной оценки от инструмента проведения оценки и от того, кто ее проводит. Если это требование не соблюдается, то становится невозможным использовать полученные оценки для сравнения результатов студентов различных ВУЗов. Здесь можно провести аналогию с понятием измерения, принятом в квалиметрии: измерение есть процесс получения каких-либо количественных данных об исследуемом объекте [63]. Результатом измерения является число, отражающее измеряемые характеристики объекта. Измерение должно удовлетворять ряду требований:

- измерения должны быть независимы от применяемых инструментов, если они работают с одинаковой точностью;
- результаты измерений выражаются в тех же единицах, в которых размечена шкала инструмента, применяемого для измерения;
- калибровка инструмента не зависит от объектов, применяющихся при калибровке;

 каждый результат измерения характеризуется точностью, которая зависит от характеристик используемого измерительного инструмента.

Если вышеперечисленные требования выполняются, то можно использовать результаты измерений, не задумываясь об инструментах и способах их получения.

Пусть измерительный инструмент — набор заданий, предназначенных для оценки сформированности компетенций, а результаты выполнения заданий — исходные данные для измерения. Тогда мы можем перефразировать требования к измерениям применительно к оценке сформированности компетенций:

- результаты выполнения заданий испытуемым должны быть независимы от заданий;
- параметры заданий и уровни подготовленности испытуемых должны измеряется в одних и тех же единицах;
 - оценка параметров заданий не должна завесить от испытуемых;
- оценки параметров заданий и результаты выполнения заданий характеризуются некоторой точностью;

Дополнительно можно ввести следующие требования, которым должны удовлетворять модели, методы и их программная реализация:

- модель компетенции должна включать дисциплины, формирующие компетенцию и последовательность их изучения с учетом того, что одна дисциплина может формировать несколько компетенций;
- процесс моделирования должен быть работоспособен и не трудозатратен
 для случая большого количества компетенций и учебных дисциплин;
- модель (модели) оценки компетенции должна (должны) быть применимы как к данным вида (1.20), так и к данным вида (1.21);
- должны быть разработаны процедуры проверки адекватности оценки компетенции;

- форма представления оценки компетенции должна быть однозначно понятна как самим студентам, так и преподавателям, и будущим работодателям;
- процедуры моделирования и оценки компетенций должны быть максимально просты и автоматизированы, а программная реализация иметь возможностью интеграции с существующими информационными системами ВУЗов.

На основе вышесказанного сформулируем основные задачи исследования:

- 1) обоснование метода построения модели процесса формирования компетенции;
- 2) разработка моделей оценки компетенции и формы её представления;
- 3) разработка алгоритмического и программного обеспечения оценки компетенции;
- 4) апробация предложенных моделей, методов и алгоритмов на реальных данных;
- 5) проверка адекватности предложенных моделей, методов и алгоритмов.

Глава 2. Разработка моделей процесса формирования и оценки компетенций

2.1. Моделирование и анализ процесса формирования компетенций

Для построения карты компетенции в работе предложено использовать когнитивное моделирование. В зависимости от условий, в которых проводится моделирование, возможно несколько путей построения модели:

- использование опыта аналитика, строящего когнитивную карту, без привлечения экспертов или документов;
- использования аналитиком для построения когнитивной карты нормативных и/или справочных документов;
- использование аналитиком группы экспертов в исследуемой области, которые могут оценить факторы и причинно-следственные связи между ними.

В случае построения карт компетенций применимы все три варианта. Однако наиболее целесообразным выглядит третий путь – привлечение группы экспертов, которыми могут быть преподаватели университета, работники учебно-методического управления, работодатели, т.к. для принятия обоснованного решения необходимо опираться на опыт, знания и интуицию специалистов в соответствующей предметной области, а знания одного человека всегда ограничены. Выразим карту компетенции в следующем виде:

$$\overline{\overline{g}}_{\kappa} = \left\{ D^{(\kappa)}, \Omega \right\}, \tag{2.1}$$

где $D^{(\kappa)}$ — элементы (дисциплины), влияющие на компетенцию κ , M — общее количество элементов; Ω — бинарное отношение на множеств D, которое задает набор связей между его элементами.

Тогда предлагаемый метод построения карты компетенции выглядит следующим образом:

На первом этапе группе экспертов предлагается выбрать, какие дисциплины из списка изучаемых влияют на формирование компетенции. Для этого можно использовать метод коллективного опроса экспертов. Окончательное решение остается за лицом, принимающим решение — например, заведующим кафедры. Результатом данного этапа является список дисциплин $D^{(\kappa)} \in D$. Их можно представить в виде графа, рисунок 4.

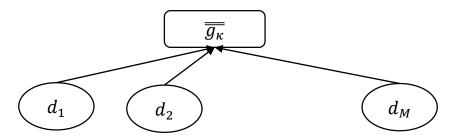


Рисунок 4. Зависимость компетенции от дисциплин

На втором этапе следует установить последовательность изучения учебных дисциплин. Для этого предлагается использовать систему нестрогого ранжирования [44], по причине того, что некоторые дисциплины могут изучаться параллельно, не зависимо друг от друга.

Объекты ранжирования — дисциплины, формирующие компетенцию. Основание ранжирования — порядок следования изучения дисциплин для формирования компетенции.

Эксперты дают ответ на вопрос «Укажите последовательность изучения» с вариантами ответа «дисциплина \mathbf{d}_q должна изучаться {раньше, позже, может одновременно} с дисциплиной $\mathbf{d}_{q'}$ ». Наиболее сложным моментом является определение объективного упорядочивания дисциплин в результате усреднения мнения экспертов.

Предположим, что экспертами (S — количество экспертов) определен набор дисциплин \mathbf{d}_q , $q=\overline{1,M}$. Необходимо проранжировать дисциплины, т.е. определить, какие дисциплины должны изучаться первыми, какие могут

изучаться параллельно, а какие в конце. Эксперту гораздо легче на каждом шагу сравнивать только два объекта, поэтому наиболее целесообразно применить метод парных сравнений.

Тогда каждому эксперту необходимо заполнить матрицу парных сравнений $\{Z_s\}$.

$$Z_{s} = Z_{i,j}^{(s)} = \begin{pmatrix} 0 & Z_{1,2}^{(s)} & \dots & Z_{1,M}^{(s)} \\ Z_{2,1}^{(s)} & 0 & \dots & Z_{2,M}^{(s)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{M,1}^{(s)} & Z_{M,2}^{(s)} & \dots & 0 \end{pmatrix},$$
(2.2)

где
$$i,j=\overline{1,M}$$
 ; $s=\overline{1,S}$; $z_{i,j}=\begin{cases} 1,\ d_i \succ d_j \\ 0,d_i \backsim d_j \\ -1,d_i \prec d_j \end{cases}$.

Количество матриц равно количеству экспертов. Суммируя матрицы по строкам, получим набор векторов $\{Z_s\}$, каждый элемент которого является весовым коэффициентом важности соответствующей дисциплины по каждому эксперту $s: \{Z_s\} = (\sum_{k=1}^M z_{1,k}^{(s)}, \sum_{k=1}^M z_{2,k}^{(s)}, \dots, \sum_{k=1}^M z_{M,k}^{(s)})$

Упорядочив значения вектора по убыванию, получим ранжирования дисциплин, которое можно записать в виде рангов R — последовательности чисел от 1 до г. После того, как получены ранжирования всех экспертов, необходимо получить результирующее отношение предпочтений (ранжирование). Но сначала необходимо проверить тесноту связи между ранжировками — согласованность мнений экспертов. В качестве меры тесноты связи используется коэффициент ранговой корреляции [45]. В зависимости от того, допускается ли только строгое или нестрогое ранжирование, используется коэффициент ранговой корреляции либо Кендалла, либо Спирмена. Так как в общем случае у нас нестрогое ранжирование, следует воспользоваться коэффициентом ранговой корреляции Кендалла.

$$W = \frac{12\sum_{i=1}^{M} E_{i}^{2}}{S^{2}(M^{3} - M) - SC},$$
(2.3)

где $E_i = \sum_{j=1}^{S} R_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^{S} \sum_{i=1}^{M} R_{ij}}{M}$ есть сумма рангов, приписанных всеми экспертами i-

 $C = \sum_{k=1}^{\gamma} (C_k^3 - C_k)$, C_k — число связанных рангов в k—ой группе нестрогих рангов, γ — общее число групп одинаковых рангов.

Коэффициент w равен 1 в случае полного совпадения мнений экспертов и равны 0 в случае их полной несогласованности.

Если ранжировки признаны согласованными, можно приступить к определению итогового ранжирования. Известно, что результирующее ранжирование должно удовлетворять определенным условиям, которые были сформулированы в 1951.г американским ученным Кеннетом Эрроу, и получили название «условия Эрроу» [45]:

- 1. Независимость. Расширение или сужение множества альтернатив при сохранении отношений на общем подмножестве альтернатив не меняет на нем результирующее отношение.
- 2. Универсальность. Для любого профиля альтернатив существует результат упорядоченный список из n альтернатив.
- 3. Монотонность. Если какой-либо из экспертов изменил мнение в пользу результирующего, то результирующее отношение не изменится.
- 4. Независимость от посторонних альтернатив. Для любой пары альтернатив существуют множества отношений, такие, что для первого множества пара альтернатив принадлежит оптимальному решению, а для второго нет.
- 5. Отсутствие диктатора. Нет эксперта, предпочтение которого определяло бы результат выборов независимо от предпочтений других экспертов.

Было доказано, что не существует результирующего ранжирования, удовлетворяющего всем пяти условиям [38]. Однако многие исследователи считают первое условие слишком строгим и, следовательно, в реальных ситуациях им можно пренебречь. Обязательными условиями считаются 2-5, и одним из немногих методов, удовлетворяющим этим четырем условиям, является медиана Кемени. Согласно идее Джона Кемени, следует найти среднее мнение как решение оптимизационной задачи. А именно, надо минимизировать суммарное расстояние от кандидата в средние до мнений экспертов. Найденное таким способом среднее мнение называют «медианой Кемени».

Выбор использования медианы Кемени обоснован тем, что данный метод по сути единственный, обеспечивающий ранжирование, которое будет нейтральным, согласованным и кондорсетовым (удовлетворяет принципу выбора Кондорсе, в то же время не приводит к парадоксу Кондорсе). Таким образом медиану Кемени можно считать одним из наиболее корректных методов получения результирующего ранжирования. Медиана Кемени обладает устойчивостью по отношению к незначительному изменению состава экспертной комиссии; при увеличении числа экспертов она приближается к некоторому пределу [45]. Поэтому медиану Кемени следует рассматривать как «общее мнение экспертов, от которого каждый из них несколько отклонялся по случайным причинам». Медиана Кемени записывается следующим образом:

$$Arg \min_{\{R\}} \sum_{i=1}^{n} D(R_i, R), \qquad (2.4)$$

где Arg min – значения R, при которых достигает минимума указанная сумма расстояний Кемени от ответов экспертов до текущей ранжировки R, по которой проводится минимизация.

Вычисление медианы Кемени в общем случае — задача целочисленного программирования. Для ее нахождения используются различные алгоритмы дискретной математики, в частности, основанные на методе ветвей и границ. Методика вычисления была предложена Б.Г. Литваком [38]. Однако данная методика сложна с вычислительной точки зрения, а также обладает эффектом,

который Орлов А.И. назвал «центр бублика» [44] — когда ответы экспертов мы представляем себе распределенными примерно равномерно по поверхности бублика, а медиана попадает в пустоту - центр бублика, т.е. итоговая ранжировка не совпадает ни с одним мнением эксперта. Поэтому в работе предлагается «упрощенная» версия — поиск медианы Кемени не среди всех возможных ранжировок, а только среди указанных экспертами.

Пусть мнение некоторого эксперта представлено в виде матрицы парных сравнений $Z_s = z_{i,j}^{(s)}$. Под расстоянием между двумя различными ранжировками (например, Z_k и Z_l , $k,l \in S$) будем называть величину:

$$d(Z_{k}, Z_{l}) = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{M} \frac{\left| z_{i,j}^{(k)} - z_{i,j}^{(l)} \right|}{2}.$$
 (2.5)

Тогда под итоговым ранжированием (медианой) будем понимать такое ранжирование $Z \in Z_1, ..., Z_s$, для которого величина $\sum_{s=1}^s d\left(Z_s, Z\right)$ минимальна. Для вычисления медианы можно воспользоваться матрицей попарных расстояний вида:

$$\begin{pmatrix} 0 & d(Z_{1}, Z_{2}) & \dots & d(Z_{1}, Z_{s}) \\ d(Z_{2}, Z_{1}) & 0 & \dots & d(Z_{2}, Z_{s}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d(Z_{s}, Z_{1}) & d(Z_{s}, Z_{2}) & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$
(2.6)

Суммируя по столбцам, находим минимальную сумму. Столбец, в котором сумма минимальна, будет итоговым ранжированием.

Таким образом, применение предложенной методики позволит в значительной степени формализовать процесс определения важных для формирования компетенции дисциплин. Результатом применения данного метода является карта компетенции, пример которой представлен на рисунке 5.

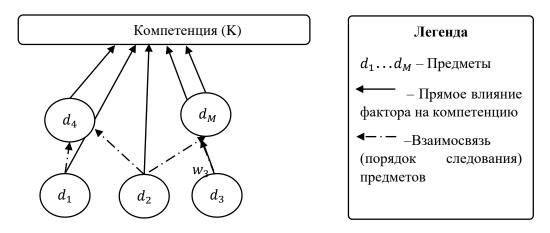


Рисунок 5. Карта компетенции

Так же карта компетенций может быть представлена в виде таблицы, что удобнее для практического применения (см. таблицу 2)

Таблица 2 – Карта компетенции $\overline{\overline{g_{\kappa}}}$

Этап	Код	Наименование		
1	d_1	Учебная дисциплина 1		
	d_2	Учебная дисциплина 2		
	d_3	Учебная дисциплина 3		
•••	•••			
r	d_{M-1}	Учебная дисциплина М-1		
	d_{M}	Учебная дисциплина М		

В связи с тем, что процесс освоения каждой дисциплины завершается зачетом или экзаменом, карта компетенции, в случае использования для оценки оценочных средств промежуточной аттестации, однозначно определяет набор заданий – конструкт [51]. Также карты компетенций могут использоваться для построения траектории изучения дисциплин – учебного плана.

В случае, если для оценки компетенции будут использоваться оценочные средства текущей аттестации, возникает необходимость в анализе каждого задания на предмет диагностики исследуемой компетенции. Это может сделать либо преподаватель дисциплины (упрощает процесс, но вносить большую субъективность), либо экспертная группа (уменьшение субъективности, но значительное увеличение сложности проведения анализа). Дополнительно необходимо предусмотреть средства сбора и накопления оценок текущей

аттестации, что потребует дополнительных вложений в развитие информационной системы ВУЗов. Значительно большее количество заданий текущей аттестации усложняет процедуру проведения оценки и интерпретацию результатов.

Рассмотрим возможность применения моделей среднего значения для оценки компетенций. В результате моделирования процесса формирования компетенций по направлению подготовки «Прикладная информатика в экономике» построены карты профессиональных компетенций, определенных во ФГОС (см. Приложение 2). Изучить влияние дисциплины на итоговую оценку можно с помощью дисперсионного анализа [18, 68]. Пусть y_{ij} – оценка i-го студента ($i = \overline{1,N}$) по j-ой учебной дисциплине ($j = \overline{1,M}$). Усредненные выборочные дисперсии по дисциплинам

$$SSp = \frac{1}{M(N-1)} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} (y_{ij} - \overline{y}_{*j}), \overline{y}_{*j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} y_{ij},$$
(2.7)

сравниваются с межгрупповой дисперсией

$$SSm = \frac{N}{M - N} \sum_{j=1}^{M} (\overline{y}_{*j} - \overline{y}_{**})^{2}, \overline{y}_{**} = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} y_{ij},$$
 (2.8)

которые в случае отсутствия влияния дисциплины на оценку являются оценками дисперсии оценок студентов. Статистика F = SSm / SSp, при условии одинакового нормального распределения и независимости вариаций среди оценок одной дисциплины, будет иметь распределение Фишера со степенями свободы M-1 и NM-M. Дисперсионный анализ является устойчивым по отклонению от нормальности, однородности дисперсии, асимметрии распределения [21].

Исследование в общем по учебному плану (60 изучаемым дисциплинам) дает следующие результаты: F=17.56, $P-3Hay=4,36*10^{-22}$, $F-\kappa pum=2.02$.

Результаты исследования по «однородным» группам дисциплин (группировка осуществляется на основе карт компетенций) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения статистик

Компет енция	F	Р-Знач.	<i>F крит.</i>	Компет енция	F	Р-Знач.	F крит.
ПК-1	7,32	1,45E-08	2,02	ПК-12	8,37	1,67E-06	2,39
ПК-2	2,97	8,09E-02	2,23	ПК-13	28,95	3,24E-12	3,03
ПК-3	17,12	1,39E-34	1,76	ПК-14	13,04	5,68E-16	2,02
ПК-4	19,57	3,25E-33	1,84	ПК-15	15,60	2,35E-09	2,64
ПК-5	14,19	7,24E-20	1,95	ПК-16	12,48	3,92E-17	1,95
ПК-6	18,27	4,16E-14	2,39	ПК-17	8,21	5,27E-13	1,84
ПК-7	10,25	5,22E-05	3,03	ПК-18	1,66	1,58E-01	2,39
ПК-8	0,29	9,21E-01	2,23	ПК-19	11,80	1,48E-19	1,84
ПК-9	12,50	6,93E-08	2,62	ПК-20	13,42	3,05E-04	3,88
ПК-10	16,64	2,43E-15	2,23	ПК-21	18,85	8,93E-18	2,22
ПК-11	19,59	3,23E-18	2,23	ПК-22	13,51	8,86E-35	1,65

Даже с учетом отклонений от классических условий применения дисперсионного анализа следует признать гипотезу об отсутствии влияния учебных дисциплин на оценки не прошедшей статистическую проверку. Это свидетельствует о различиях в методиках преподавания и оценивания знаний. Отклоняющиеся результаты по двум компетенциям могут быть объяснены тем, что в данных наборах большинство дисциплин ведутся одними и теми же преподавателями с одинаковыми методиками.

В связи с этим использование усреднения для получения оценки компетенций является некорректным. В результате обзора и критического анализа различных существующих моделей оценивания, автор считает, что в наибольшей степени сущности понятия компетенции и введенным требования к измерению отвечают модели, использующие понятие латентной переменной фактора). Тогда (скрытого влияющего онжом рассмотреть уровень сформированности компетенций как латентный фактор, который определяет вероятность правильного ответа задание. Чем на выше уровень сформированности компетенций, тем выше вероятность выполнения. Любая математическая модель, описывающая реально происходящие процессы, всегда содержит определённые предположения (гипотезы) и допущения. Основные гипотезы теории латентных переменных заключаются в том, что [2]:

- существуют латентные (скрытые) параметры личности, недоступные для непосредственного наблюдения;
- существуют индикаторные переменные, связанные с латентными параметрами, доступные для непосредственного наблюдения. По значениям индикаторных переменных можно судить о значениях латентных параметров;
 - оцениваемый латентный параметр должен быть одномерным.

Рассмотрим их более подробно. Для оценивания латентных переменных необходимо подготовить так называемый конструкт — систему индикаторов, позволяющих оценить исследуемую латентную переменную — компетенцию. Конструкт должен отражать основную концепцию измерения исследуемого фактора [40]. Такой конструкт может быть определен из анализа модели процесса формирования компетенции, которую в диссертации предложено назвать картой компетенции.

Под одномерностью понимается предположение о том, что при выполнении любого задания вероятность положительного исхода (ответа) зависит только от одного фактора, под которым в настоящей работе понимается компетенция. Однако на практике выполнение этого предположение крайне маловероятно, и на ответ влияют множество других факторов – компетенций. Считается, что предположение об одномерности является состоятельным, если существует один «главный» фактор, а значение прочих мало. Тогда этот «главный» фактор и становится объектом измерения. Если же влияние второстепенных факторов велико, то задача оценки компетенций превращается в многомерную, относящуюся к сфере multidimensional item response theory (MIRT). Модели MIRT значительно более сложны, поэтому область их использования в основном ограничена научными работам, в практической деятельности их используют крайне редко. Однако такие предположения требуют практической проверки, поэтому в рамках диссертационной работы будет проведен анализ влияния многомерности эмпирических данных на оценку компетенции.

На основе вышесказанного введем следующие определения:

Определение 2.1. Компетенция — это интегральная скрытая (латентная) характеристика, состоящая из личных способностей индивида, знаний, умений и навыков, и проявляющаяся в его способности выполнять определенные функции в рамках конкретного вида деятельности.

Определение 2.2. Компетентность — определенный набор освоенных компетенций, проявленных на практике в успешной социальной и профессиональной сферах деятельности.

Определение 2.3. Под компетентностным подходом понимается совокупность принципов определения целей образования, организации образовательного процесса и оценки образовательных результатов на основе компетенций.

Определение 2.4. Под оценкой сформированности компетенции (или просто оценкой компетенции) будем понимать оценку компетенции (значение латентного параметра) в условных единицах — логитах, которого достиг и продемонстрировал студент при освоении дисциплин. Оценка в логитах определяет вероятность правильного ответа студента на задание.

Определение 2.5. Под рейтинговой оценкой сформированности компетенции будем понимать числовой ИЛИ порядковый показатель, отображающий уровень сформированности компетенции у обучающегося. Рейтинговая оценка получается путем нормирования в диапазоне от 0 до 100 оценки уровня сформированности.

Определение 2.6. Индикаторами уровня сформированности компетенций (индикаторными заданиями) будем называть элементарные диагностические процедуры, которыми оперирует профессорско-преподавательский состав университета для оценки полученных знаний, умений, навыков, деятельностных и личностных качеств обучающегося в рамках освоения какойлибо дисциплины, входящих в карту компетенций.

Определение 2.7. Под конструктом будем понимать набор индикаторных заданий для оценки какой-либо компетенции.

Определение 2.8. Под картой компетенции в узком смысле будем понимать модель, описывающую процесс формирования компетенции, включающую в себя элементы: учебные дисциплины, учебную и дипломную практику и т.п., влияющие на формирования компетенции либо служащие индикаторами оценки компетенции и связи между элементами.

Определение 2.9. Под картой компетенции в широком смысле будем понимать документ, в котором описан процесс формирования компетенции, включающий информацию объектах, об оказывающих влияние либо формирование компетенции служащих индикаторами оценки компетенции, связи между элементами, а также дополнительную информацию, позволяющую проводить оценку компетенций.

Данные определения являются наиболее подходящими с практической точки зрения, т.е. для решения задач оценки сформированности компетенции и не противоречат другим рассмотренным в первой главе определениям. Введя необходимые определение, перейдем к определению модели оценки компетенций.

2.2. Базовая модель оценки компетенции для дихотомических заданий

Проведем анализ IRT-моделей на предмет соответствия требованиям, введенным постановке задачи исследования (параграф 1.5.). Рассмотрим 1PL — модель. Пусть вероятность правильного ответа j-го студента на i-е задание P_{ij} . Тогда вероятность неправильного ответа $Q_{ij} = 1 - P_{ij}$. Тогда, с учетом формулы (1.10), шансы на успех i-го студента на j-ое задание определяются формулой:

$$\frac{P_{ij}}{Q_{ij}} = \frac{\frac{e^{\theta_i - \delta_j}}{1 + e^{\theta_i - \delta_j}}}{1 - \frac{e^{\theta_i - \delta_j}}{1 + e^{\theta_i - \delta_j}}} = e^{\theta_i - \delta_j}.$$
(2.9)

Сравнивая шансы на успех i1 и i2-го студента, получаем, что они не зависят от уровней сложности задания, а сравнивая сложности задания, увидим, что они не зависят от уровней подготовленности студентов:

$$\frac{e^{\theta_{i1}-\delta_{j}}}{e^{\theta_{i2}-\delta_{j}}} = e^{\theta_{i1}-\theta_{i2}}; \frac{e^{\theta_{i}-\delta_{j1}}}{e^{\theta_{i}-\delta_{j2}}} = e^{\delta_{j2}-\delta_{j1}}.$$
 (2.10)

Таким образом, получаем, что 1PL- модель удовлетворяет введенным требованиям к объективности измерения. Такие же результаты получаются для PCM и RSM.

Рассмотрим 2РL-модель. Тогда, согласно формуле (1.11):

$$\frac{P_{ij}}{Q_{ij}} = \frac{\frac{e^{a_{j}(\theta_{i} - \delta_{j})}}{1 + e^{a_{j}(\theta_{i} - \delta_{j})}}}{1 - \frac{e^{a_{j}(\theta_{i} - \delta_{j})}}{1 + e^{a_{j}(\theta_{i} - \delta_{j})}}} = e^{a_{j}(\theta_{i} - \delta_{j})}, \tag{2.11}$$

$$\frac{e^{a_j(\theta_{i1}-\delta_j)}}{e^{a_j(\theta_{i2}-\delta_j)}} = e^{a_j(\theta_{i1}-\theta_{i2})}; \frac{e^{a_j(\theta_{i}-\delta_{j1})}}{e^{a_j(\theta_{i}-\delta_{j2})}} = e^{a_j(\delta_{j2}-\delta_{j1})}.$$
(2.12)

Очевидно, что в данном случае шансы испытуемых зависят от параметров заданий, т.е. от измерительного инструмента. Таким образом, 2PL-модель не удовлетворяет введенным требованиям. Аналогично не удовлетворяют требованиям и модели 3PL, GRM, GPCM. Дополнительно исследуем графики функций различных моделей – ICC, item characteristic curve. Графики отражают вероятность ответов на задания, предназначенные для измерения некоторых гипотетических свойств или латентных черт испытуемых [85].

График логистической функции 1PL-модели при $\delta = 0.5$ представлен на рисунке 6. В. На графике хорошо видно монотонно возрастающее отношение между уровнем сформированности компетентности человека и вероятностью правильного ответа на задание.

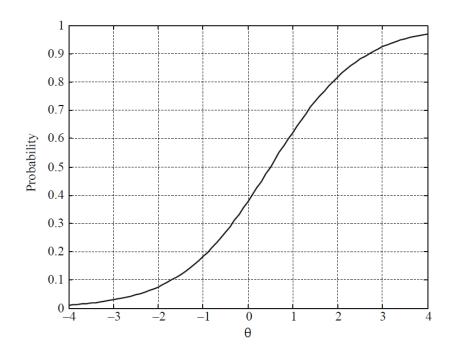


Рисунок 6. ICC график 1PL Molel при $\delta=0.5$

Характеристическая кривая задания монотонно возрастает по θ на всей области определения и принимает все значения на интервале от нуля до единицы. Имеет одну точку перегиба, абсцисса которой равна δ_j , а ордината – 0,5. Так же верны следующие уравнения:

$$\lim_{\theta \to -\infty} P(y_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j) = 0;$$

$$\lim_{\theta \to +\infty} P(y_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j) = 1.$$
(2.13)

Следовательно, с ростом подготовленности испытуемого увеличивается и вероятность правильного выполнения задания. «Бесконечно хорошо» подготовленный испытуемой справится с любым заданием с единичной вероятностью. «Бесконечно плохо» подготовленный испытуемый не справится не с одним заданием. Так же с увеличением δ_j , вероятность правильного выполнение заданий уменьшается. Таким образом, можно трактовать параметр δ_j как уровень требования сформированности компетенции для выполнения задания с 50% вероятностью.

Некоторую сложность может вызывать интерпретация данных. Значение 0 соответствует ситуации, когда способности испытуемого соответствуют

сложности поставленной перед ним задачи, а вероятность правильного ответа в этом случае равна 50 %. Увеличение сложности вопроса на один логит ведет к уменьшению вероятности правильного ответа до 25 %, а уменьшение сложности задачи на один логит — к увеличению вероятности правильного ответа до 75 %. На рисунке 7 представлены характеристические кривые трех различных заданий ($\delta_1 = -1; \delta_2 = 0.25; \delta_3 = 0.75$), входящих в тестовый набор.

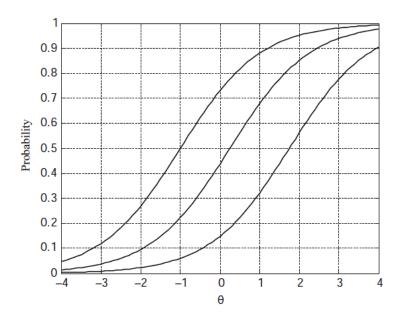


Рисунок 7. ICC график 1 PL Model

Характеристические кривые трех различных заданий двухпараметрической модели (1.11) при $a_1 = 0.7; a_2 = 1.4; a_3 = 0.5\epsilon$ представлены на рисунке 8.

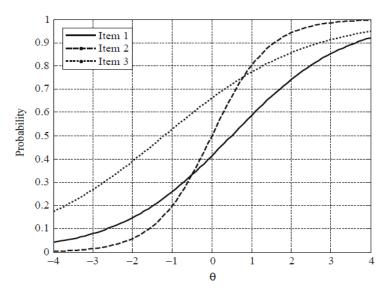


Рисунок 8. ICC график заданий 2PL Model

результатам исследования данных моделей, автор отмечает следующую особенность: при использовании однопараметрической модели характеристические кривые заданий не пересекаются, и значит, задание обеспечивает равную дифференцирующую способность на всем диапазоне изменения значения латентных переменных. В двухпараметрической и трехпараметрической характеристические кривые пересекаются, что наглядно показано на рисунке 8. Автор делает заключение, что введение дополнительных параметров улучшает описание эмпирических данных, но крайне отрицательно сказывается на «качестве» измерения, т.к. позволяет использовать в конструкте «плохие» задания (в частности, те задания, которые хорошо выполняют слабо подготовленные студенты, и плохо хорошо подготовленные). Похожий вывод сделан в работе [131], где показано, что модели, предложенные Бирнбаумом, могут использоваться только для заданий с одинаковыми дифференцирующими способностями, а это опять приводит к однопараметрической модели. Таким образом, для оценки сформированности компетенций, в случае дихотомических заданий, будем использовать однопараметрическую модель, которую запишем в следующем виде:

$$P(y_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j) = \frac{e^{\theta_i - \delta_j}}{1 + e^{\theta_i - \delta_j}}, \qquad (2.14)$$

где θ_i — параметр, описывающий уровень сформированности компетенции i-го студента; δ_j — параметр j-го задания, уровень требования к сформированности компетенции, при которому студент имеет 50% вероятность правильно ответить на задание; $i=\overline{1,N}$, N — общее количество испытуемых; $j=\overline{1,M}$, M — количество заданий.

2.3. Модели оценки компетенций для политомических заданий

Рассмотрим модели, которые могут применяться в случае политомических заданий — это Partial credit model (PCM, модель частичного

оценивания) и Ratings scale model (RSM, модель рейтингового оценивания). Экзаменационная оценка обычно осуществляется в четырехбальной вербальной шкале. Сделаем переход от вербальных уровней к баллам по правилу: оценке неудовлетворительно присваивается 0 баллов, удовлетворительно — 1 балл, хорошо — 2 балла и отлично — 3 балла. В общем случае минимальной оценке присваивается 0 баллов, и далее прибавляем по одному на каждый вербальный уровень шкалы.

РСМ предполагает, что задание состоит из нескольких независимых частей возрастающей сложности, и чтобы получить более высокий балл, нужно решить как можно более сложную часть (части) задания, причем, строго говоря, решение предыдущей менее сложной части не обязательно. Тогда, если экзаменационное задание состоит из нескольких частей различной сложности, то наиболее подходящей моделью является Partial Credit Model, которую можно записать в следующем виде:

$$P(y_{ij} = l \mid \theta_i, \delta_{ju}) = \frac{e^{\sum_{u=0}^{l} (\theta_i - \delta_{ju})}}{1 + \sum_{v=1}^{L_j} e^{\sum_{u=0}^{v} (\theta_i - \delta_{ju})}},$$
(2.15)

где l — количество выполненных шагов j-го задания;

 θ_i – «person ability», параметр, описывающий латентную характеристику i-го человека (компетенцию);

 $\delta_{_{ju}}$ — «threshold», пороговой параметр, определяющий уровень требования сформированности компетенции для выполнения u — шага задания;

 $L_{\scriptscriptstyle j}$ – общее количество шагов j-го задания.

Применение РСМ для анализа результатов обучения было рассмотрено в [53]. ICC график РСМ для задания с 4 «шагами», $\delta_{i0} = 0; \delta_{i1} = -3; \delta_{i2} = -0.5; \delta_{i3} = 1.5 \text{ приведен на рисунке 9.}$

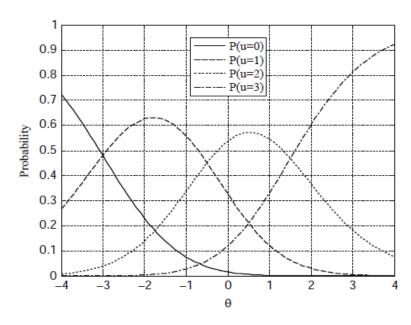


Рисунок 9. ICC график Partial Credit Model

Однако не всегда количество таких «частей» соответствует конкретным баллам. Как известно, помимо самого экзамена, очень часто используется оценка «автоматом», т.е. итоговая оценка за экзамен выставляется по текущей необходимо успеваемости. Для студенту выполнять ЭТОГО множество различных заданий в рамках изучения учебной дисциплины, а оценка выставляется преподавателем, исходя из его системы оценки. Иными словами, представляет собой множество мелких экзамен задач, которые рассматриваются как одно. В иностранной литературе подобное задание называется testlet, оно может использоваться для оценки, но возможно ухудшение точности оценки [126].

В этом случае преподаватель является экспертом, который на основании выполненных заданий ставит оценку, например, в 5-балльной шкале, что более соответствует RSM модели. Она исходит из предположения, что оценка за суждения какой-либо выполнения задания есть результат шкале (первоначально модель предназначалась для шкалы Лайкерта, применяемой в первичный балл, $y_{ij} = k\epsilon(0, K)$ социологических опросниках). Пусть отражающий результат выполнения задания; K — общее количество градаций (пунктов, шагов) шкалы; $i = \overline{1,N}$; N – общее количество испытуемых; $j = \overline{1,M}$;

 M – количество заданий. Тогда для оценки компетенции RSM можно записать в следующем виде:

$$P(y_{ij} = k \mid \theta_i, \delta_j, \tau_u) = \frac{e^{\sum_{u=1}^{k} (\theta_i - (\delta_j + \tau_u))}}{1 + \sum_{v=1}^{K} e^{\sum_{u=1}^{v} (\theta_i - (\delta_j + \tau_u))}},$$
(2.16)

 $\boldsymbol{\delta}_{\scriptscriptstyle j}$ — параметр j-го задания; $\boldsymbol{\tau}_{\scriptscriptstyle u}$ — параметр $\,\boldsymbol{u}$ -оценки, $\boldsymbol{\tau}_{\scriptscriptstyle 0}=0.$

Пороговой параметр, определяющий уровень требования сформированности компетенции для получения u-оценки, определяется суммой $\delta_j + \tau_u$. Однако в этой формуле есть один существенный недостаток, ограничивающий ее применение для оценки компетенции: параметр τ_u един для всего конструкта, иными словами, предполагается, что все задания оцениваются одинаково, по единым правилам. А это вряд ли возможно, т.к. все дисциплины обычно ведут разные преподаватели, и системы оценки для всех разные. Таким образом, ставится задача разработки модели, которая исправляла бы этот недостаток.

2.4. Латентная модель экзаменационных оценок

Обозначим за p_k вероятность получит оценку k, K — количество пунктов шкалы в задании. Взяв за основу однопараметрическую модель, перепишем ее в следующем виде (аналогично модели RSM введем параметр пункта шкалы τ_{j_1} , для совместимости с моделью Раша $\tau_{j_1} = 0$):

$$P(y_{ij} = 1 | \theta, \delta_j, \tau_{j1}) = \frac{e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}{1 + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}},$$
(2.17)

в случае дихотомического задания (оценки шкалы 0 и 1):

$$p_{j0} + p_{j1} = 1. (2.18)$$

Тогда можно записать, что:

$$\frac{p_{j1}}{p_{i0} + p_{i1}} = \frac{e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}{1 + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}.$$
(2.19)

Обозначим за p' вероятность выполнения испытуемым с единичным уровнем сформированности компетенции индикаторного задания единичной сложности. Тогда вероятность получить оценку 0 можно выразить следующей формулой:

$$p_{j0} = \frac{1 - p'}{1 - p' + p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}},$$
(2.20)

а вероятность получить оценку 1:

$$p_{j1} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}{1 - p' + p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}.$$
 (2.21)

Пусть имеется некоторое политомическое задание. Предположим, что имеется задание с тремя пунктами шкалы (K=3) и соответственно, с двумя пороговыми параметрами: обозначим их как $(\delta_j + \tau_{j1})$ и $(\delta_j + \tau_{j2})$. Тогда можно записать, что:

$$p_{j1} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}{1 - p' + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}},$$
(2.22)

$$p_{j2} = \frac{p_{j2}}{p_{j1} + p_{j2}} = \frac{xe^{\theta - (\delta_j + \tau_{j2})}}{1 - x + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j2})}}.$$
 (2.23)

Данную последовательность можно обобщить. Таким образом, для задания с произвольной размерностью шкалы, справедлива следующая формула:

$$p_{jk} = \frac{p_{jk}}{p_{jk-1} + p_{jk}} = \frac{xe^{\theta - (\delta_j + \tau_{jk})}}{1 - x + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{jk})}}, k = \overline{1, K},$$

$$\sum_{i=1}^{K} p_{ii} = 1.$$
(2.24)

Так же эту последовательность можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{cases}
\frac{p_{j1}}{pj_0 + p_{j1}} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}}{1 - p' + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j2})}} \\
\frac{p_{j2}}{p_{j1} + p_{j2}} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j2})}}{1 - p' + e^{\theta - (\delta + \tau_{2})}} \\
\dots \\
\frac{p_{jk}}{p_{jk-1} + p_{jk}} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{jk})}}{1 - p' + e^{\theta - (\delta_j + \tau_{jk})}}
\end{cases} (2.25)$$

Если выразить в каждом уравнении p_{jk} через p_{jk-1} , то получим:

$$\begin{cases}
p_{j1} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}p_0}{1 - p'} \\
p_{j2} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j2})}p_1}{1 - p'} \\
\dots \\
p_{jk} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{jk})}p_{k-1}}{1 - p'}
\end{cases} (2.26)$$

Далее, желая последовательную подстановку, получаем:

$$\begin{cases}
p_{j1} = \frac{p'e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})}p_0}{1 - p'} \\
p_{j2} = \frac{p'^2e^{2\theta - (\delta_j + \tau_{j1}) - (\delta_j + \tau_{j2})}p_0}{(1 - p')^2} \\
\dots \\
p_{jK} = \frac{p'^Ke^{K\theta - (K\delta_j + \tau_{j1} + \tau_{j2} + \dots + \tau_{jK})}p_0}{(1 - p')^K}
\end{cases} (2.27)$$

Тогда, суммируя вероятности, запишем:

$$1 - p_{j0} = \left(\frac{p'e^{\theta - (\delta_{j} + \tau_{j1})}p_{0}}{1 - p'} + \dots + \frac{p'^{K}e^{K\theta - (K\delta_{j} + \tau_{j1} + \tau_{j2} + \dots + \tau_{jK})}p_{0}}{(1 - p')^{K}}\right) =$$

$$= p_{0}\left(\frac{p'}{1 - p'}\right)e^{\theta - (\delta_{j} + \tau_{j1})} + \dots + \left(\frac{p'}{1 - p'}\right)^{K}e^{K\theta - (K\delta_{j} + \tau_{j1} + \tau_{j2} + \dots + \tau_{jK})}$$
(2.28)

Отсюда выразим p_0 :

$$p_{j0} = \frac{1}{1 + \frac{p'}{1 - p'}} e^{\theta - (\delta_j + \tau_{j1})} + \dots + \left(\frac{p'}{1 - p'}\right)^K e^{K\theta - (K\delta_j + \tau_{j1} + \tau_{j2} + \dots + \tau_{jK})} = \frac{1}{1 + \sum_{\nu=1}^K \left(\frac{p'}{1 - p'}\right)^{\nu} e^{\sum_{u=1}^{\nu} (\theta - \delta_j - \tau_{ju})}}$$

$$(2.29)$$

Подставляя полученное значение в (2.27), несложно получить значения для любого $p_{\scriptscriptstyle k}$. В общем виде, модель можно выразить формулой:

$$P(y_{ij} = k | \theta_i, \delta_j, \tau_{ju}) = \left(\frac{p'}{1 - p'}\right)^K \frac{e^{k\theta_i - k\delta_j - \sum_{u=0}^K \tau_{ju}}}{1 + \sum_{v=1}^K \left(\frac{p'}{1 - p'}\right)^K e^{\sum_{u=1}^V (\theta_i - \delta_j - \tau_{ju})}}.$$
 (2.30)

Согласно предположению Раша, выполнения испытуемым с единичным уровнем сформированности компетенции индикаторного задания единичной сложности равно 50% (т.е. p'=0.5). Подставляя это значение в формулу, получим:

$$P(y_{ij} = k | \theta_i, \delta_j, \tau_{ju}) = \frac{e^{k\theta - k\delta_j - \sum_{u=0}^{K} \tau_{ju}}}{1 + \sum_{v=1}^{K} e^{\sum_{u=1}^{V} (\theta - \delta_j - \tau_{ju})}},$$
(2.31)

где θ_i – латентный параметр (компетентность);

 $\delta_{\scriptscriptstyle j}$ – параметр (сложность) задания;

 au_{uj} — параметр (сложность категории) «шага» шкалы оценки по каждому экзаменационному заданию j.

Данную модель назовем «латентной моделью экзаменационных оценок». Можно заметить, что данная формула получается из модели RSM путем замены параметра τ_u на параметр τ_{ju} . Таким образом, предложенную в работе модель можно рассматривать как модификацию рейтинговой модели оценивания. В дальнейшем в работе она будет называться mRSM. Результаты исследования применяемости данных моделей, проведенных автором, показали, что mRSM значительно лучше описывает эмпирические данные, которые используются

для оценки компетенций, чем RSM и PCM [50]. По результатам исследования сформулированы сферы применения рассмотренных моделей (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Сферы применения

Модель	Применимость					
Однопараметрическая (1	Может применятся только для дихотомических заданий					
PL)	(заданий, оцениваемых в двухбалльной шкале).					
Rating Scale Model (RSM)	Применятся для политомических заданий.					
	Используется в случае, если задание требует оценки в какой-					
	либо шкале. Структура заданий не важна, однако считается, что					
	правила оценки для всего используемого набора заданий					
	одинаковы.					
	Такая ситуация может произойти, если все задания из набора					
	оценивает один преподаватель по одинаковым правилам.					
Partial Credit Model (PCM)	Применятся для политомических заданий.					
	Используется в случае, если задание состоит из подзаданий					
	разной сложности (шагов).					
	Может применятся в случае автоматизированной оценки					
	компетенций, когда преподаватель «исключен» из процедуры					
	оценки, а задания сбалансированы.					
Латентная модель	Применятся для политомических заданий.					
экзаменационных оценок	Аналогична RSM модели, однако предложенная в работе					
(mRSM)	модификация позволяет учесть различия в правилах оценки по					
	каждому заданию.					
	Наиболее точно описывает процедуру оценки по заданиям, когда					
	все дисциплины ведут разные преподаватели и каждый					
	преподаватель ставит оценку по своим правилам.					

Несомненным плюсом применения IRT моделей является возможность получать одновременно с оценками компетенций студентов обоснованные статистические оценки заданий, что может служить основой для улучшения образовательных программ ВУЗа. Оценка уровня сформированности компетенции не зависит от набора заданий, а неполнота данных (пропуск некоторых комбинаций «испытуемый - задание») не является критичной.

2.5. Выводы по второй главе

Во второй главе введены основные требования, которым должна удовлетворять модель, предназначенная для оценки компетенций: результаты выполнения заданий испытуемым должны быть независимы от заданий; параметры заданий и уровни подготовленности испытуемых должны

измеряется в одних и тех же единицах; оценка параметров заданий не должна завесить от испытуемых.

Проведено исследование процесса формирования компетенций. Предложена модель — карта компетенции и процедура ее построения, включающая определение дисциплин, на которых формируется компетенция и построения траектории изучения дисциплин для лучшего формирования компетенции. Результат процедуры формализуется в виде карты компетенции. В случае использования в качестве индикаторов экзаменационных заданий, карта компетенции однозначно определяет набор индикационных заданий (конструкт для оценки компетенции).

Для оценки сформированности компетенций предложено и обосновано IRT. параметрических моделей Известные IRT-модели проанализированы согласно введённым требованиям оценки компетенции, определено, ЧТО модели, включающие параметры дифференцирующей способности удовлетворяют требованию задания И угадывания, не объективности. В связи с этим базовой моделью для обработки первичных баллов выбрана однопараметрическая модель. Для политомических заданий следует использовать модели рейтингового или частичного оценивания. Рассмотрен случай использования в качестве индикаторов экзаменационных заданий. Для учета особенностей работы с такими индикаторными заданиями в работе предложена новая латентная модель экзаменационных заданий, которая считаться модификацией модели рейтингового оценивания.

Глава 3. Математическое, алгоритмическое и методическое обеспечение оценки компетенций

3.1. Методы оценки параметров моделей

В предыдущем главе на основе анализа содержания и структуры компетенции для оценки уровня сформированности компетенций был предложен ряд моделей. Но при анализе результатов важно не только провести адекватное моделирование процесса, необходимо определить методы, которые позволяют провести оценку параметров выбранной модели. Пусть имеется матрица ответов размерностью N*M вида:

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{N1} & \cdots & y_{NM} \end{pmatrix}, \tag{3.1}$$

где N – общее количество испытуемых (студентов);

M — количество заданных индикаторных заданий.

Очевидно, что если заданные задания являются дихотомическими, то каждый элемент матрицы может принимать значения 0 или 1. Если обозначить за p вероятность успеха (например, $p = p(\theta, \delta)$, то значение 1 будет с вероятностью p, а значение 0-c вероятностью q=1-p).

Следовательно, можно сформулировать задачу оценки параметров следующим образом: нужно преобразовать наблюдаемые результаты в оценки параметров модели, которые можно было бы интерпретировать как измерение. Для решения этой задачи можно применять различные методы – как достаточно простые с вычислительной точки зрения, так и очень сложные [92, 94, 97, 103, 104]. Рассмотрим некоторые из них и попробуем определит их сильные и слабые стороны, а также их возможную применяемость к моделям оценки компетенций.

Начнем с однопараметрической модели. Вероятность правильного ответа выражается формулой:

$$p_{ij} = \frac{e^{\theta_i}}{e^{\theta_i} + e^{\delta_j}},\tag{3.2}$$

где θ_i — уровень сформированности компетенции i—го испытуемого; δ_j — сложность j-го задания.

Тогда вероятность неправильного ответа можно записать как:

$$q_{ij} = 1 - p_{ij} = \frac{e^{\delta_i}}{e^{\delta_i} + e^{\theta_j}}.$$
 (3.3)

Тогда, при условии, что $q_{ij} \neq 0$ и $p_{ij} \neq 0$, имеем:

$$\ln\left(\frac{p_{ij}}{q_{ij}}\right) = \theta_i - \delta_j.$$
(3.4)

Следовательно, для оценки параметров нам необходим знать только p_{ij} — вероятность ответа i-го испытуемого на j-ое задание. Вернемся к матрице ответов. Проведя ее анализ, можно отметить, что в общем случае матрица будет иметь выраженную «вертикальную» структуру: количество задания как правило ограниченно единицами либо десятками, однако ответов на эти задания могут быть сотни. Можно ли уменьшить такой громадный массив данных? В основу такого уменьшения можно положить понятие случайных статистик. В работе [42] показано, что для матрицы ответов достаточными статистиками будут является частичные суммы ответов по строкам и столбцам:

$$b_{i} = \sum_{i=1}^{M} y_{ij}, i = \overline{1, N}, \tag{3.5}$$

$$c_{j} = \sum_{i=1}^{N} y_{ij}, j = \overline{1, M}$$
 (3.6)

Заменив вероятности их оценками вида:

$$\hat{p} = \frac{b_i}{k}; \hat{q} = \frac{k - b_i}{k}, \tag{3.7}$$

то для оценки параметра θ_i можно записать:

$$\theta_i \approx \theta_i = \delta_j + \ln\left(\frac{b_i}{k - b_i}\right).$$
 (3.8)

Если усреднить правую часть уравнения по всем заданиям, получим следующую оценку сформированности компетенции:

$$\theta_i = \overline{\delta} + \overline{\theta_i}, \tag{3.9}$$

где
$$\overline{\theta_i} = \ln \left(\frac{b_i}{k - b_i} \right)$$
; $\overline{\delta}$ – средняя трудность всех заданий.

В случае, если оценки трудностей заданий известны заранее, то

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{j=1}^{M} \delta_{j}}{M}.$$
(3.10)

Если значение трудности заданий неизвестны, то

$$\overline{\delta} \approx \frac{\sum_{j=1}^{M} \hat{\delta}_{j}}{M}.$$
(3.11)

Для параметра δ можно записать:

$$\delta_i = \overline{\theta} + \overline{\delta_i},\tag{3.12}$$

где
$$\overline{\delta_j} = \ln \left(\frac{n - c_j}{N} \right); \ \overline{\theta} \approx \frac{\sum_{i=1}^N \hat{\theta}_i}{N}.$$

За начало шкалы обычно выбирают среднюю сложность всех заданий. Средние квадратические ошибки можно определить по следующим формулам:

$$s\left(\delta_{j}\right) = \sqrt{\frac{N}{c_{j}\left(N - c_{j}\right)}},\tag{3.13}$$

$$s(\theta_i) = \sqrt{\frac{M}{b_i(M - b_i)}}. (3.14)$$

Описанный алгоритм прост для вычисления и позволяет приближенно оценить параметры однопараметрической модели, однако обладает существенными недостатками: не обеспечивает одномаштабность шкал, а также не применим к другим моделям.

Более сложные методы оценки, устраняющие вышеперечисленные недостатки, связанны с методом максимального правдоподобия. Метод максимального правдоподобия является универсальным и обладает широким спектром полезных статистических свойств [39]. Рассмотрим применение данного метода для однопараметрической модели.

Запишем однопараметрическую модель (2.14) в следующем виде^

$$P_{ij} = p\left\{y_{ij}|\theta_i, \delta_j\right\} = \frac{e^{y_{ij}(\theta_i - \delta_j)}}{1 + e^{(\theta_i - \delta_j)}},$$
(3.15)

где θ_i — уровень подготовленности i-го студента, $i=\overline{1,N}$; δ_j — уровень сложности задания, $j=\overline{1,M}$; y_{ij} — ответ i-го студента на j -ое задание.

Тогда функцию правдоподобия можно записать в следующем виде:

$$L = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{M} P_{ij} = \frac{\prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{M} e^{y_{ij}(\theta_i - \delta_j)}}{\prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{M} (1 + e^{(\theta_i - \delta_j)})}.$$
(3.16)

Задача оценки параметров сводится к поиску максимума функции правдоподобия, что связано с вычислением производной. Логарифм — монотонно возрастающая функция, поэтому логарифм от функции достигнет максимума в той же точке, что и сама функция. С другой стороны, логарифм произведения является суммой, что упрощает дифференцирование. Запишем логарифмическую функцию правдоподобия в следующем виде:

$$V = lnL = \sum_{i=1}^{N} X_i \theta_i - \sum_{j=1}^{M} Y_j \delta_j - \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} ln \left(1 + e^{(\theta_i - \delta_j)} \right),$$
(3.17)

где
$$X_i = \sum_{j=1}^M y_{ij}$$
; $Y_j = \sum_{j=1}^N y_{ij}$.

Для получения выражений, которые позволяют рассчитать значения уровня подготовленности θ_i *i*-го участника тестирования и уровня трудности δ_j *j*-го задания, найдем максимальное значение логарифмической вероятности, продифференцировав выражение по латентным переменным θ_i и β_j и приравняв производные к нулю:

$$\begin{cases}
\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \theta_{i}} = X_{i} - \sum_{j=1}^{M} \frac{e^{(\theta_{i} - \delta_{j})}}{1 + e^{(\theta_{i} - \delta_{j})}} = X_{i} - \sum_{j=1}^{M} P_{ij} = 0; \\
\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \delta_{j}} = -Y_{j} + \sum_{i=1}^{N} \frac{e^{(\theta_{i} - \delta_{j})}}{1 + e^{(\theta_{i} - \delta_{j})}} = -Y_{j} - \sum_{i=1}^{N} P_{ij} = 0.
\end{cases} (3.18)$$

Для решения получившийся системы уравнений можно воспользоваться предложенным Ньютоном методом численного решения нелинейного уравнения вида f(x)=0. Если функция f(x) дважды дифференцируема в окрестности точки x, значение аргумента $x^{(t+1)}$ на (t+1) шаге итерации может быть вычислено на основе выражения

$$x^{(t+1)} = x^{(t)} - \frac{f(x^{(t)})}{f'(x^{(t)})}.$$
(3.19)

Обозначим

$$f(\theta_i) = \frac{\partial V}{\partial \theta_i},\tag{3.20}$$

$$f\left(\delta_{j}\right) = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \delta_{j}},\tag{3.21}$$

$$f'(\theta_{i}) = \frac{\partial^{2} \mathbf{V}}{\partial \theta_{i}^{2}} = \frac{\partial}{\partial \theta_{i}} \left[X_{i} - \sum_{j=1}^{M} \frac{e^{(\theta_{i} - \delta_{j})}}{1 + e^{(\theta_{i} - \delta)}} \right] =$$

$$= -\sum_{j=1}^{M} \left[P_{ij} - P_{ij}^{2} \right] = -\sum_{j=1}^{M} P_{ij} \left[1 - P_{ij} \right],$$
(3.22)

$$f'\left(\delta_{j}\right) = \frac{\partial^{2} \mathbf{V}}{\partial \delta_{j}^{2}} = -\sum_{n=1}^{N} P_{ij} \left[1 - P_{ij}\right]. \tag{3.23}$$

Подставляя $f(\theta_i)$, $f(\delta_j)$, $f'(\theta_i)$ и $f'(\delta_j)$ из выражений (3.20), (3.21), (3.22) и (3.23) в формулу (3.19), получим рекуррентные соотношения для расчета значений θ_i и β_j :

$$\theta_{i}^{(t+1)} = \theta_{i}^{(t)} - \frac{X_{i} - \sum_{j=1}^{M} \frac{e^{\left(\theta_{i}^{(t)} - \delta^{(t)}_{j}\right)}}{1 + e^{\left(\theta_{i}^{(t)} - \delta^{(t)}_{j}\right)}}}{\sum_{j=1}^{M} P_{ij}^{(t)} \left[1 - P_{ij}^{(t)}\right]},$$
(3.24)

$$\delta_{j}^{(t+1)} = \delta_{j}^{(t)} - \frac{Y_{j} - \sum_{i=1}^{N} \frac{e^{\left(\theta_{i}^{(t)} - \delta^{(t)}_{j}\right)}}{1 + e^{\left(\theta_{i}^{(t)} - \delta^{(t)}_{j}\right)}}}{\sum_{i=1}^{N} P_{ij}^{(t)} \left[1 - P_{ij}^{(t)}\right]}.$$
(3.25)

Итерационный процесс вычисления параметров θ_i и δ_j завершается при выполнении условия $\sigma < \frac{\Delta}{3}$, где Δ — заданная погрешность вычислений, а σ — значение среднеквадратичного отклонения очередного приближения t-й итерации от аналогичных оценок, полученных на предыдущей итерации (t-1)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N} \left(\theta_{i}^{(t-1)} - \theta_{i}^{(t)}\right)^{2} + \sum_{j=1}^{M} \left(\delta_{j}^{(t-1)} - \delta_{j}^{(t)}\right)^{2}}{M + N - 1}}.$$
(3.26)

Стандартные ошибки расчета $SE(\theta_i)$ и $SE(\delta_j)$ величин θ_i и δ_j определяются знаменателями формул (3.24) и (3.25) для последней итерации:

$$SE(\theta_i) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^{M} P_{ij} \left[1 - P_{ij}\right]}},$$
(3.27)

$$SE\left(\delta_{j}\right) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} P_{ij} \left[1 - P_{ij}\right]}}.$$
(3.28)

Рассмотрим метод максимального правдоподобия для политомических моделей на примере оценки параметров РСМ. Запишем модель (2.15) в следующем виде:

$$\pi_{ijl} = \frac{e^{\sum_{u=0}^{k} (\theta_i - \delta_{ju})}}{\sum_{v=0}^{m_j} e^{\sum_{u=0}^{v} (\theta_i - \delta_{ju})}},$$
(3.29)

где l — оценка по j-ому заданию, $\left(l=\overline{1,L_{j}}\right)$; L_{j} — максимально возможная оценка по j-му заданию;

i – индекс испытуемого, i = 1, N , N – общее количество испытуемых;

j – индекс задания, j = 1,M , M – общее количество заданий;

 δ_{ju} — пороговой параметр («threshold»), определяет сложность достижения u — шага j-го задания (пункта шкалы или оценки за задание).

Так же пусть задана матрица ответов y_{ij} . Тогда функцию правдоподобия можно записать в следующем виде:

$$L = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{M} \pi_{ijl} = \frac{e^{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} \sum_{u=0}^{vij} (\theta_i - \delta_{ju})}}{\prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{M} [\sum_{v=0}^{L_j} e^{\sum_{u=0}^{v} (\theta_i - \delta_{ju})}}.$$
(3.30)

С учетом следующих условий:

$$\sum_{u=0}^{y_{ij}} \delta_{ju} = \sum_{i=1}^{y_{ij}} \delta_{ju}, \delta_{j0} = 0.$$
 (3.31)

Логарифм функции правдоподобия запишем в следующем виде:

$$\Lambda = Ln(L) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} y_{ij} \theta_i - \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} \sum_{u=1}^{y_{ij}} \delta_{ju} - \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} \left[ln \left(\sum_{v=0}^{L_j} e^{\sum_{u=0}^{v} (\theta_i - \delta_{ju})} \right) \right].$$
(3.32)

Введем сумму ответов i-го испытуемого на все ответы, которые он получил, выполняя задания:

$$r_i = \sum_{i=1}^{M} y_{ij}. {(3.33)}$$

Можно заметить, что в данной логарифмической функции правдоподобия $\sum_{u=1}^{y_{ij}} \delta_{ju}$ есть сумма сложности всех шагов j-го задания для i-ой персоны. Тогда сумма сложности всех шагов для N испытуемых равна $\sum_{i=1}^{N} \sum_{ju}^{y_{ij}} \delta_{ju}$. Обозначим за

 $S_{_{ju}}$ количество испытуемых, выполнивших u-шаг в j-задании. Тогда:

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{u=1}^{y_{ij}} \delta_{ju} = \sum_{u}^{L_{j}} S_{ju} \delta_{ju}.$$
 (3.34)

Перепишем функцию правдоподобия с учетом вышеизложенного:

$$Ln(L) = \sum_{i=1}^{N} r_{i} \theta_{i} - \sum_{j=1}^{M} \sum_{u=1}^{L_{j}} S_{ju} \delta_{ju} - \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} \left[\ln \left(\sum_{v=0}^{L_{j}} e^{\sum_{u=0}^{v} (\theta_{i} - \delta_{ju})} \right) \right].$$
(3.35)

Для получения выражений, которые позволяют рассчитать значения уровня подготовленности θ_i *i*-го испытуемого и уровней сложности всех шагов *j*-го задания, найдем максимальное значение логарифмической вероятности, продифференцировав выражение по переменным θ_i и δ_{ij} , а затем приравняем производные к нулю:

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \theta_{i}} = r_{i} - \sum_{j=1}^{M} \frac{\sum_{\nu=0}^{L_{j}} \nu e^{\sum_{u=0}^{\nu} (\theta_{i} - \delta_{ju})}}{\sum_{\nu=0}^{L_{j}} e^{\sum_{u=0}^{\nu} (\theta_{i} - \delta_{ju})}} = r_{i} - \sum_{j=1}^{M} \sum_{\nu=0}^{L_{j}} \nu \pi_{ijl} = r_{i} - \sum_{j=1}^{M} \sum_{\nu=1}^{L_{j}} \nu \pi_{ijl},$$
(3.36)

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \delta_{ij}} = -S_{ij} - \sum_{i=1}^{N} \frac{-\sum_{\nu=l}^{L_{j}} e^{\sum_{u=0}^{\nu} (\theta_{i} - \delta_{ju})}}{\sum_{\nu=0}^{L_{j}} e^{\sum_{u=0}^{\nu} (\theta_{i} - \delta_{ju})}} = -S_{ij} + \sum_{i=1}^{N} \sum_{\nu=l}^{L_{j}} \pi_{ij\nu}.$$
(3.37)

$$\begin{cases} r_{i} - \sum_{j=1}^{M} \sum_{v=1}^{L_{j}} v \pi_{ijl} = 0; \\ -S_{ij} + \sum_{i=1}^{N} \sum_{v=1}^{L_{j}} \pi_{ijv} = 0. \end{cases}$$
(3.38)

Решаем систему уравнений (3.38) методом Ньютона. Найдем вторые производные:

$$\frac{\partial^2 \Lambda}{\partial \theta_i^2} = -\sum_{j=1}^M \left[\sum_{\nu=1}^{L_j} \nu^2 \pi_{ijl} - \left(\sum_{\nu=1}^{L_j} \nu \pi_{ijl} \right)^2 \right], \tag{3.39}$$

$$\frac{\partial^2 \Lambda}{\partial \delta_{ij}^2} = -\sum_{i=1}^N \left[\sum_{\nu=l}^{L_j} \pi_{ij\nu} - \left(\sum_{\nu=l}^{L_j} \pi_{ij\nu} \right)^2 \right]. \tag{3.40}$$

Следовательно, значения параметров можно найти из следующих рекуррентных формул:

$$\theta_{i}^{(t+1)} = \theta_{i}^{(t)} - \frac{r_{i} - \sum_{j=1}^{M} \sum_{\nu=1}^{L_{j}} v \pi_{ijl}^{t}}{-\sum_{j=1}^{M} \left[\sum_{\nu=1}^{L_{j}} v^{2} \pi_{ijl}^{t} - \left(\sum_{\nu=1}^{L_{j}} v \pi_{ijl}^{t} \right)^{2} \right]},$$
(3.41)

$$\delta_{ij}^{(t+1)} = \delta_{ij}^{(t)} - \frac{-S_{ij} + \sum_{i=1}^{N} \sum_{\nu=l}^{L_{j}} \pi_{ij\nu}^{t}}{-\sum_{i=1}^{N} \left[\sum_{\nu=l}^{L_{j}} \pi_{ij\nu}^{t} - \left(\sum_{\nu=l}^{L_{j}} \pi_{ij\nu}^{t} \right)^{2} \right]}.$$
(3.42)

Стандартные ошибки расчета $SE(\theta_i)$ и $SE(\delta_{ij})$ величин θ_i и δ_{ij} определяются знаменателями формул (3.41) и (3.42) для последней итерации:

$$SE(\theta_{i}) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^{M} \left[\sum_{v=1}^{L_{j}} v^{2} \pi_{ijl} - \left(\sum_{v=1}^{L_{j}} v \pi_{ijl}\right)^{2}\right]}},$$
(3.43)

$$SE(\delta_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} \left[\sum_{v=l}^{L_{ij}} \pi_{ijv} - \left(\sum_{v=l}^{L_{ij}} \pi_{ijv}\right)^{2}\right]}}.$$
(3.44)

Рассмотренный метод оценки параметров может быть применен к любой IRT-модели. В разработанном по результатам диссертации программном продукте осуществляется оценка параметров методом максимального правдоподобия для 4 моделей: 1PL, PCM, RSM, mRSM.

3.2. Шкалы измерения компетенции

С математической точки зрения процесс измерения есть отображение состояния измеряемого объекта на некоторое множество действительных чисел (или некоторое множество точек числовой оси), называемое *шкалой*.

В работе [64] показано, что оценки испытуемых могут иметь реальный смысл лишь в том случае, если они являются объективными измерениями и отражены на метрической шкале.

Очевидно, что четырехбальная шкала не удовлетворяет данному условию, т.к. является порядковой (не обладает метрическими свойствами), следовательно, годится только для упорядочивания учащихся, а арифметические операции над ее индексами не имеют смысла.

Шкала логитов, в которой получаются оценки компетенций согласно моделям, рассмотренным во второй главе в свою очередь удовлетворяет данному условию. Пусть θ_1 и θ_2 уровни подготовленности двух студентов. Эти параметры являются латентными, т.е. напрямую недоступными для исследования. Но они проявляются на практике в том, что вероятность

выполнить какое-либо задание выше у того студента, у кого выше значение θ . Успех выполнение задания носит вероятностный характер, иными словами успешно ответить на задания может как первый, так и второй студент, но при выполнении нескольких заданий эффект более высокого уровня освоения компетенции обязательно проявится.

Исходя из этого, можно сказать, что уровень освоения компетенции есть некоторая величина, прямо связанная с вероятностью правильного выполнения задания.

Пусть $P_{k,k-1}$ — вероятность того, что первый студент получит оценку k, тогда как второй студент получить оценку k-1, а $P_{k-1,k}$ — вероятность того, что второй студент получит оценку k, тогда как первый студент получить оценку k-1. Тогда, согласно теореме умножения вероятности, получим (для mRSM):

$$\frac{P_{k,k-1}}{P_{k-1,k}} = \frac{P(k \mid \theta_1, \delta_j, \tau_{uj}) P(k-1 \mid \theta_2, \delta_j, \tau_{uj})}{P(k-1 \mid \theta_1, \delta_j, \tau_{ui}) P(k \mid \theta_2, \delta_j, \tau_{ui})},$$
(3.45)

следовательно,

$$\ln\left(\frac{P_{k,k-1}}{P_{k-1,k}}\right) = \ln\left(\frac{e^{k\theta_1 - k\delta_j - \sum_{u=1}^k \tau_{uj}}}{e^{k\theta_2 - k\delta_j - \sum_{u=1}^k \tau_{uj}}}\right) = \theta_1 - \theta_2 \tag{3.46}$$

Это позволяет представить уровни освоения компетенции точками метрической оси на определенном расстоянии друг от друга. Единица измерения этого расстояния получила название логит (log-odds) — единица измерение логарифмических шансов. Отношение шансов одного студента получит оценку k к аналогичным шансам другого студента зависит только от уровней их подготовленности, и не зависит от каких-либо других параметров, в т.ч. и от используемых заданий. Шкала логитов обладает следующим свойствами:

- является интервальной;
- дает возможность перейти от ранжирования студентов к измерению их уровней подготовленности;

- есть единица измерения (один логит);
- легко переводится в любую другую, удобную для восприятия шкалу (например, стобалльную)

Оценка в логитах, за редким исключением, принимает значения из промежутка (-5, +5). Будучи удобными для анализа, логиты могут быть неудобным для практического использования в некоторых случаях. В частности, оценка в логитах может принимать дробные и отрицательные значения, которые трудно интерпретировать для пользователей. Отрицательные значения, указывающие на результаты ниже среднего, могут вызвать явное неприятие у получивших их учеников. Если обратиться к основной цели введения компетентностей в сферу образования – преодоления непонимания между производителями и потребителями образовательных услуг: потребитель должен точно знать, что может (умеет) делать соискатель, а что нет, то становится очевидно, что оценка компетенции должна быть сформулирована в понятной обеим сторонам шкале. В целом все это делает логиты неудобными для сообщения результатов испытуемым и вынуждает применять специальные методы преобразования для выставления оценок.

Несомненным плюсом является то, что шкала логитов является интервальной, а с учетом того, что в интервальной шкале точка отсчета (0) не зафиксирована, то показатели в логитах переводятся в другую систему при помощи линейных преобразований [41]. В частности, можно перевести θ оценку в стобальную рейтинговую шкалу по простой формуле:

$$reit_{100}(\theta) = \frac{\theta - \theta_{min}}{\theta_{max} - \theta_{min}} 100, \tag{3.47}$$

 $heta_{\!\scriptscriptstyle min}$ – минимальная оценка в логитах;

 $heta_{\scriptscriptstyle max}$ – максимальная оценка в логитах.

Для практического применения наиболее удобным способом сообщения результатов является лингвистическое описание того, чего достиг человек. По отношении к оценке компетенции это усиливается и тем фактом, что понятие

компетенции очень плохо формализуемо и в подавляющем большинстве работ оценку компетенции рекомендуют представлять уровневыми описаниями. Например, в методических материалах по паспорту компетенции [5], используют трёхуровневую шкалу для описания сформированности компетенций: {«сформирована на начальном уровне», «сформирована на среднем уровне», «сформирована на высоком уровне»}. Такая шкала по своей природе является лингвистической, «неточной», поэтому автором для ее описания предложена модель и метод работы с ней, основанный на аппарате нечетких множеств, описанном в главе 1. Графически такая шкала изображена на рисунке 10.

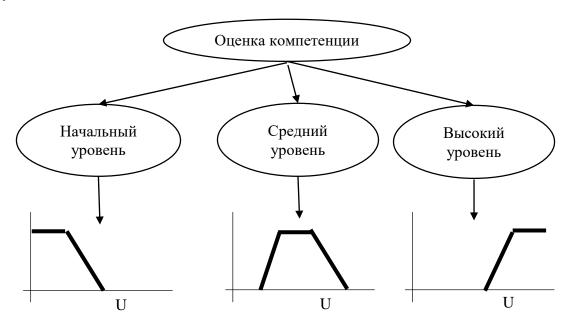


Рисунок 10. Лингвистическая переменная «Оценка компетенции»

Для построения функций принадлежности терм-множеств автором предлагается метод на основе экспертного опроса. Экспертами являются ведущие преподаватели университета, которые дают ответ об типичных значениях интервалов оценки, соответствующих тем или иным уровням сформированности компетенции.

Пусть S-экспертов предположили типичные с их точки зрения интервалы значений. Представим результаты в виде матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} \left(x_{11}^{1}, x_{11}^{2}\right) & \dots & \left(x_{1K}^{1}, x_{1K}^{2}\right) \\ \dots & \dots & \dots \\ \left(x_{S1}^{1}, x_{S1}^{2}\right) & \dots & \left(x_{SK}^{1}, x_{SK}^{2}\right) \end{pmatrix}, \tag{3.48}$$

где S — количество экспертов; K — количество градаций шкалы.

В качестве правила объединения обычно используется пересечение нечетких подмножеств, служащих индивидуальными оценками отдельных экспертов, иными словами:

$$(0, x_1^2) = \bigcup_{i=1}^{s} (x_{i1}^1, x_{i1}^2);$$
...
$$(3.49)$$

$$(x_K^1, 1) = \bigcup_{i=1}^{s} (x_{iK}^1, x_{iK}^2).$$

Однако такой подход не лишен недостатков. Получаемая таким путем коллективная оценка может быть слишком «узка» и недостаточна надежна. Первое означает, что оценочное множество обычно гораздо уже (содержит меньше элементов), чем оценки отдельных экспертов, и может даже оказаться пустым, особенно если число экспертов достаточно велико. Второе означает, что элементы, входящие в оценочное множество, обычно имеют малую меру принадлежности к нему, особенно если эксперты достаточно независимы, вследствие чего их оценки заметно различаются.

Поэтому, в случае, если пересечение дает пустое множество, в работе предлагается воспользоваться способом, предложенным В.И. Левиным [36]: введением в рассмотрение новой операции — г-композиции интервалов. Операция г-композиции определяется посредством объединения пересечений интервалов следующим образом:

$$S \atop (r)(x_{i}^{1}, x_{i}^{2}) = \bigcap_{i_{1} \neq \dots \neq i_{r}} ((x_{i_{1}}^{1}, x_{i_{1}}^{2}) \cup \dots \cup (x_{i_{r}}^{1}, x_{i_{r}}^{2})),$$

$$i = 1$$

$$(3.50)$$

где $1 \ll r \ll S$; S – количество экспертов.

Таким образом, получаем интегральные типичные для терм-множеств интервалы $\left(x_{j}^{1}, x_{j}^{2}\right), j = \overline{1,n}$. С учетом того, что $U = \begin{bmatrix} 0,1 \end{bmatrix}$, функции принадлежности терм-множеств можно записать:

$$\mu_{1}(x) = \begin{cases} R\left(\frac{x_{1}^{2} - x}{x_{2}^{1} - x_{1}^{2}}\right), x_{1}^{2} < x \le x_{2}^{1} \\ 0, x_{2}^{1} < x \le 1 \end{cases}$$

$$0, 0 \le x \le x_{1}^{2}$$

$$L\left(\frac{x_{2}^{1} - x}{x_{2}^{1} - x_{1}^{2}}\right), x_{1}^{2} < x \le x_{2}^{1}$$

$$1, x_{2}^{1} < x \le x_{2}^{2}$$

$$R\left(\frac{x - x_{2}^{2}}{x_{3}^{1} - x_{2}^{2}}\right), x_{2}^{2} < x \le x_{3}^{1}$$

$$0, x_{3}^{1} < x \le 1$$

$$(3.51)$$

. . .

$$\mu_{K}(x) = \begin{cases} 0,0 \le x \le x_{K-1}^{2} \\ L\left(\frac{x_{K}^{1} - x}{x_{K}^{1} - x_{K-1}^{2}}\right), x_{K-1}^{2} < x \le x_{K}^{1} \\ 1, x_{k-1}^{1} < x \le 1 \end{cases}$$

Данная процедура позволяет сформировать лингвистическую шкалу для любого количества уровней.

Для того, чтобы записать функцию принадлежности полученной оценки компетенций, воспользуемся методом, описанным в [22]. В соответствии с этим методом, все α -уровни нечеткого числа соответствуют доверительным интервалам распределения вероятностей. С помощью линейного преобразования переведем оценки компетенции θ в логитах в диапазон универсального множества U по формуле:

$$t = \frac{\theta - \theta_{\min}}{\theta_{\max} - \theta_{\min}}.$$
 (3.52)

Тогда ошибка может быть выражена формулой

$$\varepsilon(t) = \frac{\varepsilon(\theta)}{\theta_{max} - \theta_{min}}.$$
(3.53)

Для нулевого α -уровня ширина интервала равна $t \pm 3 * \varepsilon(t)$. Для всех остальных α -уровней ширину интервала можно записать следующей формулой:

$$\Delta_{\alpha} = t \pm \varepsilon(t) \sqrt{-2\ln(\alpha)}. \tag{3.54}$$

Согласно [22], в большинстве практических приложений нечеткоинтервального моделирования оказывается достаточным иметь информацию только о двух интервалах, соответствующих α -уровням: основании интервала ($\mu(x) = 0$) и интервале наиболее возможных значений ($\mu(x) = 1$). Тогда функцию принадлежности нечеткого числа оценки компетенции можно выразить:

$$\mu_{t}(x) = \begin{cases} 0,0 \le x \le t - 3\varepsilon(t) \\ L\left(\frac{x - t - 3\varepsilon(t)}{3\varepsilon(t)}\right), t - 3\varepsilon(t) < x \le t \end{cases}$$

$$R\left(\frac{t + 3\varepsilon(t) - x}{3\varepsilon(t)}\right), t < x \le t + 3\varepsilon(t)$$

$$0, t + 3\varepsilon(t) < x \le 1$$

$$(3.55)$$

$$\Delta(\overline{A}, \overline{B}) = \int_{0}^{1} |\mu_{\overline{A}}(x) - \mu_{\overline{B}}(x)| dx.$$
 (3.56)

Однако для трапезоидных чисел, все операции можно свести к операциям над интервалами. Пусть $\overline{A}=\left(a_{_{1}}a_{_{2}},a_{_{3}}a_{_{4}}\right),\ \overline{B}=\left(b_{_{1}}b_{_{2}},b_{_{3}}b_{_{4}}\right),$ тогда:

$$\Delta(\overline{A}, \overline{B}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{4} |a_i - b_i|. \tag{3.57}$$

Тогда задача распознавания сводится к определению расстояний Хэмминга от числа $\mu_{\iota}(x)$ до $\{\mu_{\iota}(x),...,\mu_{\kappa}(x)\}$ и поиску минимального расстояния.

3.3. Статистический анализ применимости моделей

Корректность математической моделей теории латентных перменных — многоаспектное понятие, включающее в себя вопросы формирования наборов первичных баллов, применение модели и последующей интерпретации результатов. При этом отметим, что анализ применимости результатов несколько отличается от технологий, принятых, например, в таких науках, как физика, химия и т.п. В них полученные эмпирические данные описываются с помощь какой-либо теории. Если теоретическое зависимости не соответствуют полученным практическим результатам, делается вывод, что теория не верна или до конца не доработана. В ІКТ применяется кардинально иной подход — несоответствие эмпирических данных ІКТ—модели обычно означает, что есть нарушения в самих данных: например, имеются неточности в формулировке заданий, были нарушения в процедуре выставления баллов за выполнение задания и т.д.

Данная философии измерения получила название model based measurement. В ней утверждается, что не модель должна соответствовать эмпирическим данным, а данные должны соответствовать модели [31]. Об этом можно спорить, но в соответствии с данной философией IRT для оценки латентного фактора стоит использовать только те задания, которые отвечают данной модели измерения. Все остальные задания должны быть изменены или отбракованы [77]. Следовательно, при анализе результатов выполнения заданий, необходимо проверить соответствие эмпирических данных той или иной модели IRT. Но прежде чем это сделать, необходимо удостоверится, что

данные удовлетворяют краеугольному условию применения IRT моделей: условию локальной независимости.

Основным допущением IRT является т.н. свойство локальной независимости. Это означает, что при любом фиксированном уровне подготовки ответы испытуемых на каждую группу заданий являются статистически независимыми. Иными словами, при фиксированном значении параметра испытуемого θ нет никакой связи между вероятностями правильных ответов на различные задания. Если $Y = \{y_j\}$ — вектор ответов испытуемого, то математически это можно выразить следующим образом:

$$P(Y = y|\theta) = \prod_{j=1}^{M} P(y_j|\theta) = P(y_1|\theta)P(y_2|\theta)...P(y_M|\theta), \qquad (3.58)$$

где $P(Y=y|\theta)$ — условная вероятность, что вектор результатов выполнения задания для испытуемого с уровнем способностей θ будет равен Y; $P(y_j|\theta)$ — условная вероятность того, что испытуемый с уровнем θ на j-ое задание получит y_j — результат; M — количество заданий.

Аналогично можно выразить вероятность ответа на j-ое задание испытуемыми с вектором способностей $\theta = \{\theta_i\}, i = \overline{1,N}$:

$$P(Y_{j} = y_{j}|\theta) = \prod_{i=1}^{N} P(y_{ij}|\theta_{i}) = P(y_{1j}|\theta_{1})P(y_{2j}|\theta_{2})...P(y_{nj}|\theta_{N}), \qquad (3.59)$$

где $\left\{Y_{j}\right\}$ — вектор ответов на j-ый вопрос испытуемым с уровнем способностей θ ; y_{ij} — ответ i-го испытуемого на j-ый вопрос; N— количество испытуемых.

Суммируя, получаем:

$$P(Y = y|\theta) = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{M} P(y_{ij}|\theta_i), \qquad (3.60)$$

Конечно, предположение о локальной независимости носит скорее формальный, нежели реальный характер, но оно крайне существенно для использования соответствующего математического аппарата. Оно позволяет рассматривать вероятность выполнения совокупности заданий как

произведение вероятностей выполнения отдельных заданий теста и на основе теоремы об умножении вероятностей реализовать определенные возможности для получения оценок параметров моделей.

Для проверки на локальную независимость в работе предлагается Q3-статистику [137]. Обозначим за использовать остатки между наблюдаемым баллом и ожидаемым ответом согласно модели:

$$\xi_{ii} = y_{ii} - E_{ii}, \tag{3.61}$$

(условие локальной

где y_{ij} – ответ респондента i на j-ое задание; E_{ij} – ожидаемый ответ согласно IRT модели.

Тогда Q3 статистика представляет собой корреляцию остатков для каждого задания $j, j = \overline{1, M}$; M — количество заданий:

$$Q3_{jj'} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (\xi_{ij} - \overline{\xi_{j}}) (\xi_{ij'} - \overline{\xi_{j'}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} (\xi_{ij} - \overline{\xi_{j}})^{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (\xi_{ij'} - \overline{\xi_{j'}})^{2}}},$$
(3.62)

где $\overline{y_j}$ и $\overline{y_{j'}}$ есть средние значения y_{ij} и $y_{ij'}$ соответственно; N- количество испытуемых.

случае, если местной зависимости нет независимости соблюдается), то ожидаемое значение Q3 равно $\frac{-1}{(M-1)}$. Для практического применения, согласно [84], допустимым считается отклонение $\pm 0.2 \div \pm 0.25$ от ожидаемого значения. Процедура проверки на локальную независимость получила название local item dependence analysis (LID-анализ).

Если условие локальной независимости соблюдаются, следует проверить соответствие эмпирических данные выбранной модели. В литературе можно найти достаточно много процедур для оценки применимости той или иной модели [77, 92, 97, 107, 121, 125, 126, 133, 134]. Наибольшее распространение получил подход, связанный со сравнением наблюдаемых значений с ожидаемыми согласно используемой модели – статистики согласованности на основе хи-квадрата. Общая процедура оценки соответствия данных модели включает в себя разделение (аппроксимацию) непрерывного распределения уровня способностей на некоторое дискретное число подгрупп по какому-либо правилу. Например, для модели Раша можно использовать то, что первичные баллы делят всех испытуемых на группы в зависимости о количества решенных заданий [42]. Среди таких статистик можно отметить статистики Бока [92], Иена [136], Райта и Мида [133], Андерсена (likelihood ratio chi-square) [77].

Мак-Кинли и Миллс [111] исследовали применяемость этих статистик для выявления несоответствующих моделям заданий. Они пришли к выводу, что статистика Андерсена дает наименьшее количество ошибочных отказов от заданий, пригодных для измерения. С другой стороны, статистика хи-квадрат Бока обеспечивает наименьшее число ложных срабатывании – включение в итоговый набор заданий не соответствующих модели измерения. К тому же достаточно хорошо известно, что испытание хи-квадрат чувствительно к размеру выборки. Если размер выборки достаточно велик, нулевая гипотеза о соответствии эмпирических данных модели может быть отклонена, даже если расхождение между эмпирическими и теоретическими значениями невелико. Если размер выборки мал, нулевая гипотеза не может быть отклонена, даже если эмпирические данные значительно расходятся с теоретическими [96]. Кроме того, Райс в своей работе отметил, что на статистики хи-квадрат влияют то, как и каким образом осуществляется выделение дискретных интервалов [115]. Еще одна проблема, связанная со статистиками хи-квадрат относится к тому, что наблюдаемые и ожидаемые частоты не являются независимыми, так как одни и те же результаты выполнения задания используются для вычисления как наблюдаемых, так и оценочных частот [123].

В связи с этим в работе предлагается подход, описанный в [134] и связанный с анализом остатков (3.61). В англоязычной литературе он называется «goodness of fit», или просто «fit statistics». Цели fit статистики – определить части исходных данных, которые не отвечают модели. Данные

части не отвергаются автоматически, а требуется дополнительная проверка, почему они не соответствуют модели, и можно ли их каким-либо образом модифицировать. Еще одним плюсом является то, что они позволяют проверять не только соответствие заданий модели (item fit), но и соответствие ответов испытуемых модели (person fit).

Пусть остатки вычисляется по формуле (3.61), ожидаемый ответ E_{ij} в случае дихотомической модели есть вероятность правильного ответа i-го испытуемого на j-ое задание (P_{ij}) . Тогда дисперсия X_{ij} в случае дихотомической модели выражается формулой:

$$D[y_{ij}] = P_{ij}(1 - P_{ij}). \tag{3.63}$$

В случае политомических задний:

$$E_{ji} = \sum_{u=1}^{L_j} k P_{iju}, (3.64)$$

$$D[y_{iju}] = \sum_{u=1}^{L_j} (u - E_{ij})^2 P_{iju}, \qquad (3.65)$$

где P_{iju} — вероятность получения оценки (достижение шага u) испытуемым i на задание j; L_j — максимальная возможная оценка (количество шагов) j-го задания.

Тогда стандартизованные остатки:

$$z_{ij} = \frac{y_{ij} - E_{ij}}{\sqrt{D \left[y_{ij} \right]}} = \frac{\xi_{ij}}{\sqrt{D \left[y_{ij} \right]}}.$$
(3.66)

Различают два вида статистик, которые получили название взвешенных и невзвешенных (unweighted and weighted fit statistics). Невзвешенная статистика представляет собой среднеквадратическую ошибку оценки задания, усредненную по всем испытуемым. Данная статистика получила название OUTFIT MEANSQ и рассчитывается по формуле:

$$OM_{j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{\xi_{ij}^{2}}{D \left[\xi_{ij}\right]} = \sum_{i=1}^{N} \frac{z_{ij}^{2}}{N}.$$
(3.67)

Данная статистика имеет математическое ожидание равное единице, диапазон значений от нуля до бесконечности и среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma_{j} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{1}{D[y_{ij}]} - 4N}}{N}.$$
(3.68)

В связи с тем, что среднеквадратическое отклонение σ_j зависит как от задания, так и от наборов испытуемых, которые эти задания выполняли, то очень сложно установить какие-либо критические значения. В 1979 г. в работе [135] была предложена кубическая аппроксимация Вилсона-Хилферти [129]. Статистика получила название OUTFIT ZSTD и рассчитывается по формуле:

$$OZ_{j} = \left(\sqrt[3]{OM_{j}} - 1\right) \left(\frac{3}{\sigma_{j}}\right) - \left(\frac{\sigma_{j}}{3}\right). \tag{3.69}$$

ОUTFIT ZSTD имеет математическое ожидание равное нулю и диапазон значений от минус бесконечности до плюс бесконечности. Особенностью данного типа статистик является чувствительность к аномальным ответам, например, таким, как неправильные ответы на простые задания испытуемыми с высокими уровнями способностей, или наоборот — правильные ответы на сложные задания испытуемыми со слабо развитыми способностями. Для снижения этого эффекта была предложена статистика INFIT MEANSQ:

$$IM_{j} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \xi_{ij}^{2}}{\sum_{i=1}^{N} D[y_{ij}]}.$$
(3.70)

Математическое ожидание INFIT MEANSQ равно единице, диапазон значений от нуля до плюс бесконечности. К данной статистике так же применимо преобразование Вилсона-Хилферти:

$$\sigma_{j} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} D[y_{ij}] - 4\sum_{i=1}^{N} (D[y_{ij}])^{2}}}{\sum_{i=1}^{N} D[y_{ij}]}.$$
(3.71)

INFIT ZSTD (ожидание равно нулю, диапазон значений от минус бесконечности до плюс бесконечности):

$$IZ_{j} = \left(\sqrt[3]{IM_{j}} - 1\right)\left(\frac{3}{\sigma_{j}}\right) - \left(\frac{\sigma_{j}}{3}\right). \tag{3.72}$$

Интерпретация статистик (для заданий) согласно John M. Linacre [105, 132] приведена в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – MEANSQ OUTFIT и INFIT

Значение	Интерпретация		
>2	Задание нарушает систему измерений.		
1.5 - 2.0	Задание малопродуктивно для измерения, но может быть использовано		
	без редактирования.		
0.5 - 1.5	Задание может быть использовано для измерения		
< 0.5	Малопродуктивное задание. Может ошибочно породить ощущение		
	высокой надёжности заданий		

Таблица 6 – ZSTD OUTFIT и INFIT

Значение	Интерпретация	
>3	Данные не вписываются в модель либо слишком мал объем выборки	
2.0 - 2.9	Данные мало предсказуемы	
-2 - +2	Данные хорошо предсказуемы	
<-2	Данные слишком предсказуемы	

3.4. Методика оценки компетенции и интерпретации результатов

Представленная в настоящем параграфе методика предложена впервые и базируется на моделях и методах, описанных во второй и третьей главах. Ее особенностью является объедение экспертного метода, с помощью которого строится карта компетенции, и статистического анализа, который становится возможен при использовании параметрических моделей оценивания. Это позволяет значительно уменьшить субъективность оценки и способствует получению объективной информации, причем не только об оценках компетенции, но и об используемых заданиях, следствием чего является

потенциальная возможность принятия управленческих решений, направленных на повышение качества образовательного процесса. Основные этапы процедуры:

- 1. Анализ ФГОС ВПО направления подготовки.
- 2. Построение карт компетенций по направлению с привлечением экспертов.
- 3. Выбор используемых индикаторных заданий, модели оценивания и расчет параметров (при наличии эмпирических данных).
- 4. Статистический анализ и интерпретация результатов, корректировка карт компетенций (при необходимости).
 - 5. Проведение обучения, оценка компетенций обучающихся.
- 6. Регулярный статистический анализ карт компетенций, при необходимости корректировка или принятия иных управленческих решений.

Для некоторых этапов процедуры целесообразно создание экспертной группы в целях снижения субъективности и повышения адекватности анализа в связи с тем, что один человек вряд ли может с уверенностью знать специфику всех читаемых дисциплин. При организации экспертной группы следует воспользоваться следующими правилами: руководителем экспертной группы является заведующий выпускающей кафедры; в ее состав следует включить преподаватели, которые ведут дисциплины всех основных, представленных в структуре ООП, учебных циклов: гуманитарного, естественно-научного, математического и профессионального циклов, в количестве 1-2 человек от каждого. Основным требованием, предъявляемым к экспертам, является опыт работы, который характеризуется стажем (не менее 3-5 лет). Желательно участие работника администрации университета, занимающегося вопросами организации учебного процесса. Как дополнение, можно привлечь наиболее успешных выпускников, работающих по специальности, и представителей работодателей, которые активно сотрудничают с ВУЗом (прохождение практики и т.п.).

Рассмотрим подробнее каждый из этапов процедуры.

На этапе анализа ФГОС ВПО определяются список компетенций и дисциплин. Анализируется структура и содержание образовательной программы, окончательно утверждается список изучаемых дисциплин (т.к. ФГОС третьего поколения содержит большую вариативную часть), и список компетенции, которые должны быть сформированы у выпускников.

На этапе построения карт компетенций экспертная группа определяет для каждой компетенции список дисциплин (из общего списка), изучение которых способствует формированию компетенции. Обсуждение может проходить в виде коллективного опроса, окончательное решение остается за руководителем экспертной группы. После этого создается опросный лист для определения последовательности изучения дисциплин. Каждый эксперт отвечает на вопросы, сформулированные в опросном листе. Обработка опросных листов осуществляется в соответствии с процедурой, описанной в главе 2.2.

После построения карт компетенций определяются индикаторные задания. Выбор индикаторных заданий напрямую связан с выбором модели оценивания. В работе показано, что наиболее удобными и в тоже время достаточными является экзаменационные задания, которые однозначно определяются картой компетенции. В общем случае при выборе индикаторных заданий и моделей оценки компетенции следует воспользоваться справочной таблицей 7.

Таблица 7 – Сравнительные характеристики моделей оценки компетенций

Модель оценивания	Тип задания	Параметры	Комментарии
1PL	Дихотомическое	δ_{j} – параметр	δ_{j} характеризует уровень
		задания	требования сформированности
			компетенции для успешного
			выполнения задания (соответствует
			такой оценке компетенции, при
			которой вероятность правильного
			ответа на j — ое задание равно 50%)
PCM	Политомическое	δ_{ju} – параметр	δ_{ju} соответствует такой оценки
	задание состоит из	и –шага	компетенции, при которой
	подзаданий разной	задания	вероятность выполнить u – шаг j –

	сложности (шагов).		ого задания становится равной вероятности выполнить $(u-1)$ — шаг задания. Может применятся в случае автоматизированной оценки компетенций, когда преподаватель «исключен» из процедуры оценки, а задания сбалансированы.
RSM	Политомическое Все задания должны оцениваться в шкале одной размерности. правила оценки для всего используемого набора заданий одинаковы.	δ_j — параметр задания $ au_u$ — параметр пункта шкалы	$ au_u$ — расположение (смещение) - пункта шкалы по отношению к δ_j .
mRSM	Политомическое Учитывает факт того, что для каждого задания может быть своя система оценивания.	δ_j — параметр задания $ au_{uj}$ — параметр пункта шкалы	$ au_{uj}$ — расположение (смещение) — пункта шкалы по отношению к δ_j . $\delta_j + au_{uj}$ соответствует такой оценке компетенции, при которой вероятность получит оценку u на j — ое задание равна 50%. Наиболее точно описывает процедуру оценки, когда все дисциплины ведут разные преподаватели, и каждый преподаватель ставит оценку по своим правилам.

Для сравнения моделей между собой предлагается использовать ряд критериев, связанных с понятием информационной энтропии и расстоянием Кульбака — Лейблера [101]. При применении критериев лучшей считается модель, в достаточной мере полно описывающая данные с наименьшим количеством параметров. Исторически первым является информационный критерий Акаике [76]:

$$AIC = 2p - 2\ln(L), \qquad (3.73)$$

где p — количество оцениваемых параметров модели; L — максимизированное значение функции правдоподобия.

Байесовский информационный критерий (ВІС) предложен Шварцем в 1978 году [119]:

$$BIC = p\ln(n) - 2\ln(L), \tag{3.74}$$

где p — количество оцениваемых параметров модели; L — максимизированное значение функции правдоподобия; n — размер выборки.

В настоящее время известно несколько модификаций рассмотренных критериев, в частности, состоятельный критерий Акаике:

$$CAIC = (1 + \ln(n)) p - 2\ln(L),$$
 (3.75)

скорректированный критерий Акаике:

$$AICc = AIC + \frac{2p(p-1)}{n-p-1},$$
(3.76)

и скорректированный Байесовский критерий:

$$aBIC = \ln\left(\frac{n-2}{24}\right)p - 2\ln(L). \tag{3.77}$$

Еще одним способом сравнения является информационная функция, введенная А. Бирнбаумом. Им введено определение, что количество информации, обеспеченное j-ым заданием в конкретной точке θ — это величина, обратно пропорциональная стандартной ошибке измерения данного значения θ с помощью задания j [69, 116]. Информационная функция задания показывает соответствие количества информации, получаемой при оценивании параметра θ с помощью задания j и может быть выражена следующей формулой:

$$I_{j}(\theta) = -M \left[\frac{d^{2}}{d\theta^{2}} \ln L_{j}(\theta \mid y_{j}) \right], \tag{3.78}$$

где $L_{i}(\theta \mid y_{i})$ есть функция правдоподобия задания j.

Значения этой функции являются своеобразной характеристикой эффективности j-го задания, чем больше количество информации, тем лучше, образно говоря, работает задание на рассматриваемом интервале оси θ . Благодаря свойству аддитивности, информация, полученная при измерении данного θ с помощью всего конструкта, складывается из отдельных значений ординат информационных функций, построенных для каждого задания [89]:

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^{M} I_{j}(\theta)$$
 (3.79)

После определения индикаторных заданий и модели оценивая, при условии существования эмпирических данных осуществляется оценка параметров модели и расчет статистик. Параметры модели оцениваются по методу максимального правдоподобия согласно параграфу 3.1. Анализ происходит по следующей схеме (параграф 3.3):

- 1. Рассчитывается значение Q3-статистики. Если они находятся в пределах $\pm 0.2 \div \pm 0.25$ от ожидаемого значения $-\frac{1}{(M-1)}$, где M количество заданий, то следует признать используемые задания локальнонезависимыми.
- 2. Рассчитываются значения статистик согласия OUTFIT, INFIT, ZSTD OUTFIT, ZSTD INFIT. Рекомендуемые для практического использования значения приведены в таблице 7.

Таблица 8 – Критические значения статистик

Статистика (обозначение в ПП)	Ожидаемое значение	Оптимальные / Допустимые значения
MEANSQ OUTFIT (Outfit)	1	0,4 ÷ 1,4 / 0,3 ÷ 1,7
MEANSQ INFIT (Infit)	1	0,4 ÷ 1,4 / 0,3 ÷ 1,7
ZSTD OUTFIT (Outfit_t)	0	-2,5 ÷ +2,5/-3 ÷ +2.5
ZSTD INFIT (Infit t)	0	-2,5 ÷ +2,5/-3 ÷ +2.5

При интерпретации статистик согласия следует учитывать, что они не равноценны — несоответствие ZSTD версий, особенно в сторону увеличения (больше трех), более существенно, чем MEANSQ версий [122]. В работе [120], рассматривающей применение IRT моделей в случае нарушения одномерности, показано, что многомерность, размер выборки и количество заданий гораздо меньше влияют на INFIT-статистики, чем на OUTFIT.

3. Для политомических моделей вычисляются «пороговые» параметры заданий, которые определяют уровень требования освоения компетенции, при котором у студента есть 50% вероятность получить данную оценку

(«сложность» получения оценки). Их анализ позволяет определить «нарушения» в процедурах оценки индикаторных заданий, их излишнюю легкость или сложность. Наиболее удобным графическим средством анализа является т.н. карта Райта. В левой части строится гистограмма (либо график) распределения измеренных значений исследуемой латентной переменной (компетенции) от максимальных (сверху) до минимальных (снизу). В правой части для используемого набора заданий строится точечная диаграмма оценок пороговых параметров. Пример карты Райта для компетенции ПК-3 приведен на рисунке 11.

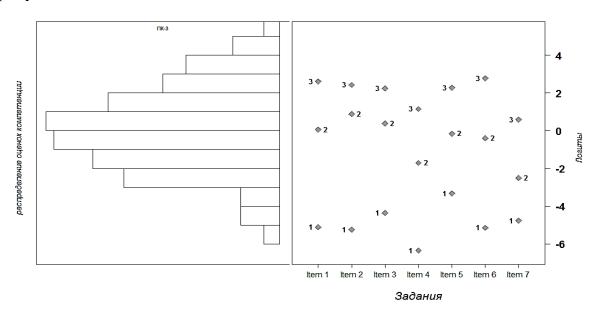


Рисунок 11. Карта Райта компетенции ПК-3

По ней видно, что «сложности» заданий достаточно равномерно покрывают весь диапазон θ , перекосов сложности задания/уровня подготовки нет, оценки компетенций распределены относительно равномерно относительно 0. На рисунке 12 представлена карта Райта по компетенции ПК-22.

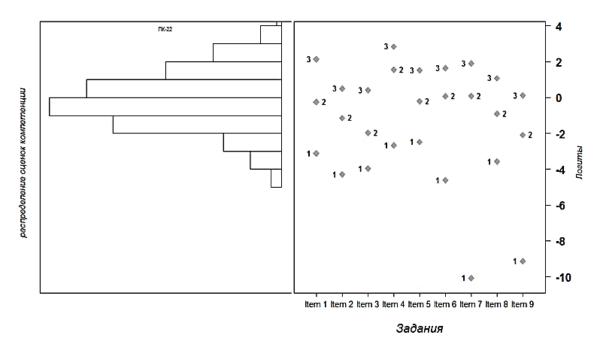


Рисунок 12. Карта Райта компетенции ПК-22

Очевидно, что по 7-му заданию наблюдается сильный разрыв между оценкой «удовлетворительно» и оценками «хорошо» и «отлично»: уровень требования сильно смешен в отрицательную сторону, что говорит о имеющимся «завышении» оценок либо о не соответствующей (не достаточной) сложности экзамена. Следует рекомендовать пересмотреть данное задание в части выставления оценки «удовлетворительно»

Тоже можно сказать и по заданию 9. Причем в нем кроме оценки «удовлетворительно» следует обратить внимание и на оценку отлично – ее пороговый параметр так же смещен относительно других заданий.

На основе карт компетенций могут быть проведены корректировки учебного плана. Проводится анализ соответствия действующего учебного плана построенному план-графу в части последовательности изучения дисциплин, и при необходимости вносятся корректировки.

Если на момент создания карты компетенции эмпирических данных нет, статистическую проверку можно провести позднее, когда появятся оценки по исследуемым заданиям.

После прохождение анализа и принятия карты компетенций набор индикаторных заданий можно использовать для оценки компетенций

обучающихся студентов. Для статистической проверки оценок можно использовать следующие статистические критериии:

1. OUTFIT MEANSQ Person:

$$OMP_{i} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^{M} \frac{\xi_{ij}^{2}}{D[\xi_{ij}]}.$$
(3.80)

2. OUTFIT ZSTD Person:

$$OZP_{i} = \left(\sqrt[3]{OM_{i}} - 1\right) \left(\frac{3M}{\sqrt{\sum_{j=1}^{M} \frac{1}{D[y_{ij}]} - 4M}}\right) - \left(\frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{M} \frac{1}{D[y_{ij}]} - 4M}}{3M}\right). \quad (3.81)$$

3. INFIT MEANSQ Person:

$$IMP_{i} = \frac{\sum_{j=1}^{M} \xi_{ij}^{2}}{\sum_{j=1}^{M} D[y_{ij}]}.$$
 (3.82)

4. INFIT ZSTD Person:

$$IZP_{i} = \left(\sqrt[3]{IM_{i}} - 1\right) \left(\frac{3\sum_{j=1}^{M} D[y_{ij}]}{\sqrt{\sum_{j=1}^{M} D[y_{ij}] - 4\sum_{j=1}^{M} \left(D[y_{ij}]\right)^{2}}}\right) - \left(\frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{M} D[y_{ij}] - 4\sum_{j=1}^{M} \left(D[y_{ij}]\right)^{2}}}{3\sum_{j=1}^{M} D[y_{ij}]}\right). \quad (3.83)$$

При интерпретации данных статистических критериев можно воспользоваться рекомендациям таблицы 8, однако следует учитывать, что обычно количество заданий меньше, чем количество студентов, следовательно, вычисляемые значения статистик не так «надежны», в связи с чем допустимы несколько более сильные отклонения от ожидаемых значений.

При необходимости оценки в логитах преобразуются в уровневую лингвистическую или рейтинговую шкалы согласно процедурам, описанным в параграфе 3.2.

Статистические проверки следует проводить регулярно для осуществления оперативного контроля.

3.5. Описание программного продукта

Программный продукт «СПКООП» предназначен для создания карт компетенций, оценки компетенций, проведения статистического анализа полученных оценок. Первоначально разрабатывался в рамках работы над автоматизированной информационной системой «Внеучебная деятельность» (является одной из подсистем АИС). В настоящее время выделен в отдельный программный продукт.

Для разработки программного продукта использовалась среда разработки MS Visual Studio. Для математических расчетов дополнительно использовались библиотеки, написанные на языке R [114]. В качестве сервера базы данных используется MS SQL Server.

Программа предназначена для решения следующих задач:

- 1. Ведение базы данных направлений подготовки, изучаемых дисциплин и компетенций (если такие данные уже доступны в информационной системе университета, то программа может их использовать).
- 2. Создание, редактирование, удаление и хранения карт компетенций.
- 3. Создание на основе карт компетенций плана-дерева учебной компетентностно-ориентированной учебного плана (по направлениям подготовки)
- 4. Оценку сформированности компетенций (по IRT моделям). Для оценки параметров модели используется метод максимального правдоподобия. Структурная схема программного продукта приведена на рисунке 9.

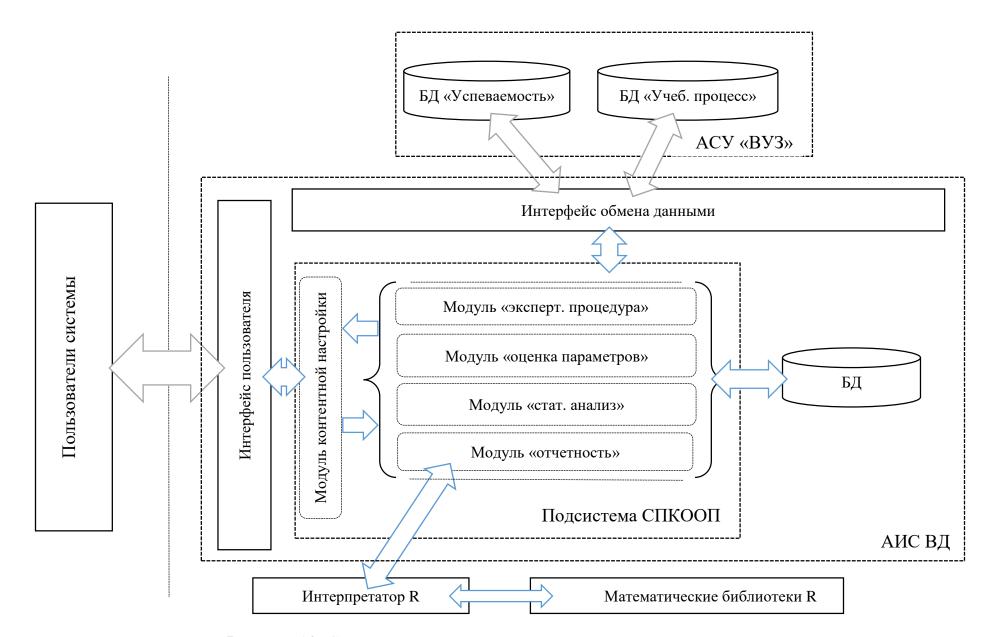


Рисунок 13. Структурная схема программного продукта

Интерфейс пользователя построен в формате многодокументного интерфейса (multiple-document interface, MDI) и использует два типа диалогов: диалог типа «меню» и диалог типа «вопрос-ответ» (т.н. мастер). Главное окно (mdi-форма) содержит строку меню из двух основных рабочих пунктов меню «Направления подготовки», «Оценки сформированности компетенций», и четырех сервисных: «Вид», «Сервис», «Окна» и «Справка». На рисунке 10 представлена структура основных ПУНКТОВ меню главного окна информационной системы: «Направления подготовки», «Оценки сформированности компетенций». Пунктиром обозначены пункты, которые появляются в случае заполнения соответствующих начальных данных.

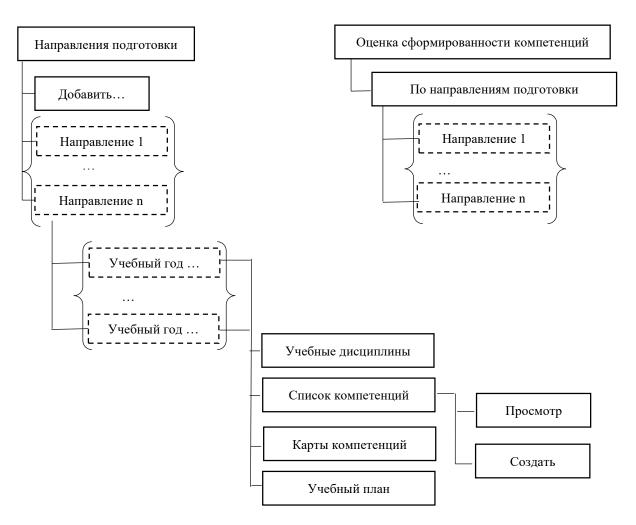


Рисунок 14. Структура меню главного окна (mdi формы)

Модуль контентной настройки позволяет показывать или скрывать некоторые пункты меню, если у пользователя нет необходимых прав доступа. Каждое подчинённое окно так же может иметь свое функциональное меню. **Интерфейс обмена данными** реализован посредством ADO.NET. Для подключения к данным может использоваться набор из четырех поставщиков:

- SQL Server, предоставляющий оптимизированный доступ к базам данных
 MS SQL Server (версии 7.0 и выше);
- OLE DB, предоставляет доступ к любому источнику данных, который имеет драйвер OLE DB. Это включает базы данных SQL Server версий, предшествующих 7.0;
- Oracle, предоставляет оптимизированный доступ к базам данных Oracle (версии 8i и выше);
- ODBC, предоставляет доступ к любому источнику данных, имеющему драйвер ODBC.

Основным поставщиком является SQL Server, т.к. АСУ «ВУЗ» Байкальского Государственного Университет Экономики и Права построена на основе MS SQL Server. Возможно использование не прямого доступа к данным, когда необходимая информация загружается посредством специальных файлов *.csv. В этом случае используется поставщик OLE DB.

Модуль контентной настройки позволяет автоматически настраивать функциональные возможности программного продукта в зависимости от прав запустившего программу пользователя. Это реализовано посредством системы ролей, реализация которой (схема базы данных) приведена на рисунке 15. Существуют следующие уровни доступа:

- Уровень пользователя. Есть возможность просмотра готовых карт компетенций, оценки параметров заданий и оценки компетенций студентов (по направлениям подготовки и группам).
- Уровень аналитика. Помимо возможностей уровня пользователя, может редактировать и создавать новые карты компетенций. Непосредственно осуществляет экспертный опрос и анализ полученных данных.
- Уровень администратора. Позволяет добавлять в систему новые направления подготовки, изучаемые дисциплины и компетенции.

 Уровень администратора базы данных. Имеет прямой доступ к базе данных, доступен весь функционал системы, в т.ч. и управление ролями пользователей.

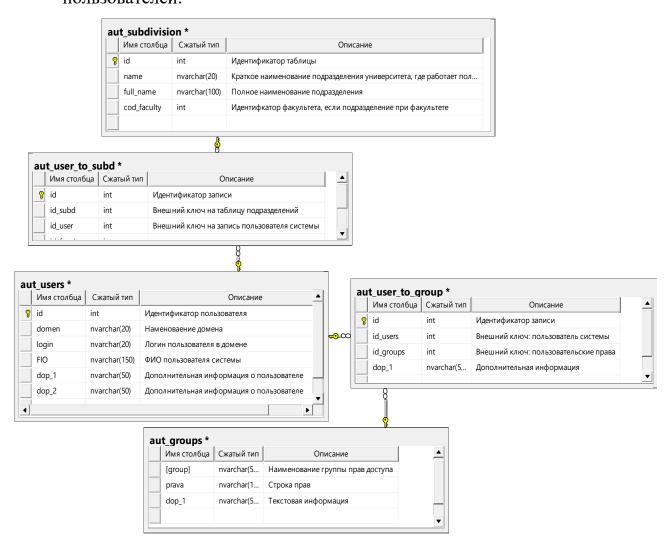


Рисунок 15. Схема БД. Пользователи и роли

Пункт меню «Сервис/Параметры» позволяет настраивать пользователей системы, роли в рамках приложения, а также осуществлять сервисные функции – резервное копирование, экспорт/импорт данных из информационной системы университета и пр.

Модуль «экспертная процедура» реализует модель и методику, предложенную в параграфе 2.1, и позволяет сформировать карты компетенций. Алгоритм работы модуля приведен на рисунке 16. Реализован на языке VB.Net.

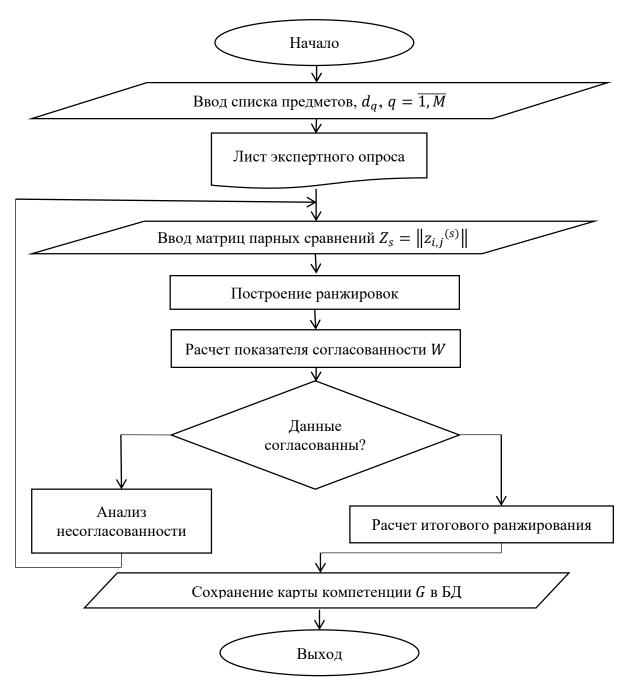


Рисунок 16. Алгоритм построения карты компетенции

Модуль «оценка параметров» реализует метод максимального правдоподобия, описанный в параграфе 3.1. Основные математические расчёты выполняются с помощью математических библиотек R. Модуль преобразует исходные данные в формат, необходимый для обработки, и создает скрипты, которые затем выполняются на интерпретаторе R. Получившиеся результаты сохраняются в базу данных. Рассчитываются параметры по четырем моделям

(1PL, PCM, RSM, mRSM). В общем виде алгоритм оценки параметров моделей приведен на рисунке 17.

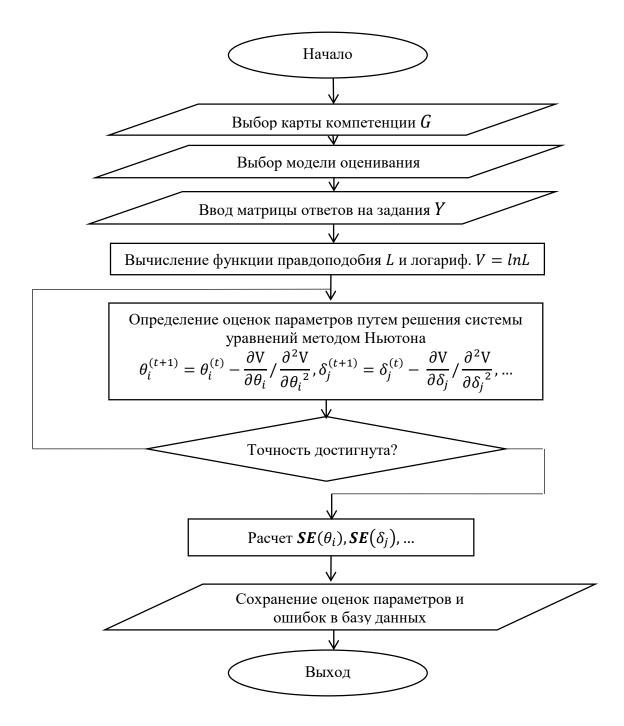


Рисунок 17. Алгоритм оценки параметров моделей

Модуль «**статистика**» предназначен для расчета статистик применимости выбранной модели оценивания к имеющимся эмпирическим данным. Рассчитываются 5 видов статистик, расчётные формулы которых

приведены в параграфе 3.2. Все рассчитанные статистики сохраняются в базу данных. Алгоритм представлен на рисунке 18.

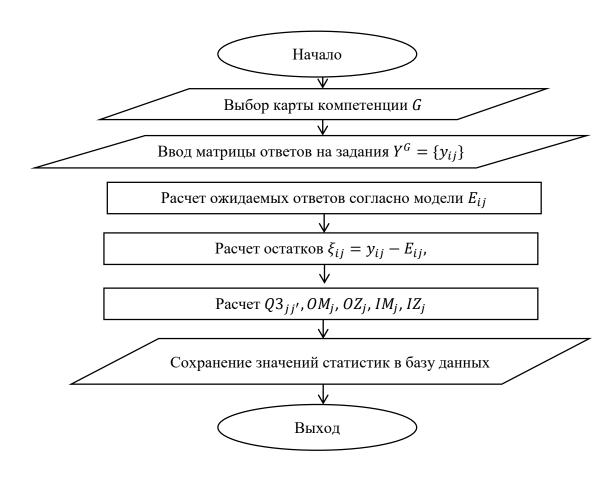


Рисунок 18. Алгоритм расчета статистик

Модуль «Отчетность» реализован использованием элемента ReportViewer, и включает в себя возможности обработки и просмотра отчетов непосредственно в приложении, сохранения отчетов в формате *.docx, *.xlsx, *.pdf, а так же их печати. Источником данных является база данных программного продукта, а также база данных «успеваемость» «АСУ ВУЗ», для построения отчетов по студентам. Так же выполняет функцию преобразования оценок из шкалы логитов в лингвистическую шкалу. Реализует модель, 2.3, описанную параграфе В виде двух алгоритмов: настройка лингвистической шкалы и преобразования оценки. Алгоритмы работы модуля представлены на рисунке 15

Основные формируемые отчеты:

- карта компетенции (документ), включает информацию о дисциплинах, формирующих компетенцию, последовательность их изучения, используемую модель оценивая, оценки параметров согласно модели, значения статистик;
- оценки компетенции, отчет формируется по группе либо направлению для каждой компетенции, выводится в трех различных шкалах: логитов, рейтинговой стобалльной и уровневой.
- оценки по студенту, сводный отчет, формируется по каждому студенту, включает таблицу, где указаны все компетенции, которые освоил студент и их оценки.

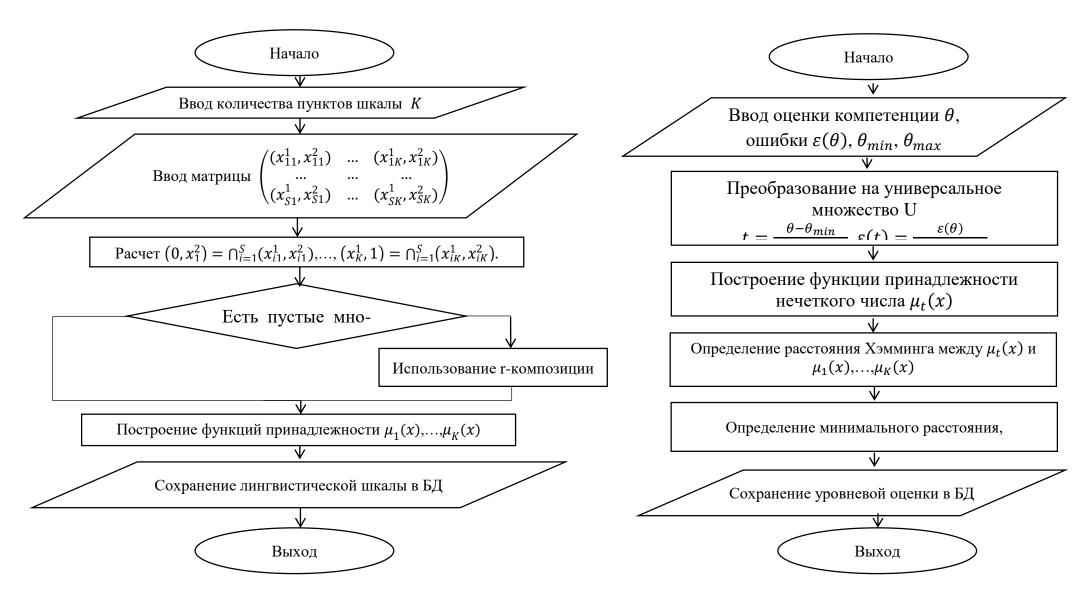


Рисунок 19. Алгоритм создания лингвистической шкалы (слева) и преобразования логиты-лингвистическая шкала (справа)

База данных программного продукта создана на MS SQL Server 2012, содержит 9 таблиц и 2 представления. Для автоматизации работы написано 23 процедуры, 6 триггеров. Предназначена для хранения исходной информации (списков дисциплин и компетенций), карт компетенции, оценок компетенций и параметров моделей, значений статистик. Вся хранимая информация доступна для анализа и редактирования через интерфейс системы. Оценки параметров компетенций заданий И оценки ΜΟΓΥΤ быть получены любой информационной подсистемы ВУЗа. Схема базы данных данного модуля приведена на рисунке 20.

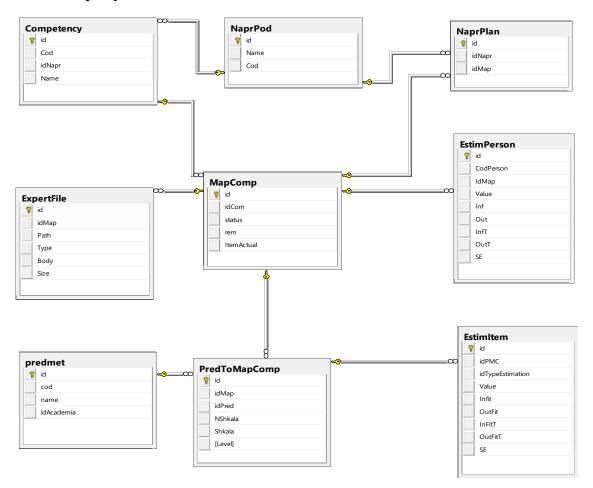


Рисунок 20. Схема БД. Основная схема

Входными данными для программного продукта являются:

- импортируемая из базы данных ВУЗа информация о компетенция,
 направлениях подготовки и учебных дисциплинах;
- вводимая с клавиатуры в интерактивном режиме информация о компетенция, направлениях подготовки и учебных дисциплинах, если такая информация не содержится базе данных университета;
- вводимая с клавиатуры в интерактивном режиме информация о создаваемых картах компетенции и их содержании;
- вводимая с файла excel информация об результатах экспертного опроса (матрицы парных сравнений);

Выходными данными являются:

- сохраняемая в базе данных текстовая информация;
- выводимая на экран графическая и текстовая информация;
- сохраняемая текстовая и графическая информация в виде файла одного из следующих форматов: docx, xlsx, pdf.

Условия применения

Программный продукт предназначен для эксплуатации на персональном компьютере типа IBM РС. Для работы в диалоговом режиме используется экран дисплея, клавиатура и манипулятор типа «мышь». Входные данных хранятся либо в виде базы данных (функция импорта), либо в виде файлом на каком-либо файловом носителе.

Программный продукт тестировался на работоспособность на системе Microsoft Windows не ниже 7 версии, с установленным NET. Framework v. 4.0, программой – интерпретатором скриптов R v.3.0. и системой работы с отчетами Microsoft Report Viewer 2010.

Установки программный продукт не требует. Загрузка программного продукта осуществляется запуском исполняемого файла Competency.exe.

Краткое описание работы с программным продуктом приведено в приложении 1.

3.6. Выводы по третьей главе

Рассмотрены и проанализированы методы оценки параметров моделей оценки компетенций. По результатам анализа выбран метод максимального правдоподобия. Для решения системы нелинейных уравнений используется метод численного решения систем нелинейных уравнений Ньютона, так же известный как метод касательных.

Праведен анализ различных статистик, используемых для проверки применимости IRT-моделей. На основе результатов анализа для проверки на применимость моделей оценки компетенций в работе предложено использовать два типа анализа: анализ на локальную независимость (LID-анализ) и анализ на соответствие эмпирических данных модели (FIT-анализ). Для LID-анализа используется Q3-статистика Иена. Для FIT-анализа используются четыре вида статистик: общая статистика согласия Outfit, взвешенная общая статистика согласия Infit и их стандартизованные версии, согласно преобразованию Вилсона—Хилферти: Outfit(t) и Infit(t). Разработана процедура статистической проверки используемых заданий. Не соответствующие модели задания подлежат более детальному анализу, по результатам которого принимается решение либо о модификации задания, либо об его исключении из исследуемого набора.

Предложена методика организации процесса оценки компетенций, в полной мере соответствующая моделям и методам, рассмотренным во второй главе и опирающаяся на разработанный программный продукт, рассмотренный в третьей главе диссертации.

Разработано программное средство, позволяющее автоматизировать процесс формирования карт компетенций, расчетов оценок параметров заданий и компетенций студентов, предназначенное для решения следующих основных задач:

1. Ведение базы данных направлений подготовки, изучаемых учебных д и компетенций.

- 2. Создание, редактирование, удаление и хранение карт компетенций.
- 3. Оценивание сформированности компетенций (по IRT моделям). Для оценки параметров модели используется метод максимального правдоподобия.
 - 4. Проведение статистического анализа применимости моделей.

Программное средство может быть интегрировано с информационной системой ВУЗа. На программное средство получен ряд свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, см. приложения 5-6.

Глава 4. Апробация предложенных методов, моделей и алгоритмов

Для апробации было выбрано направление 230700 «Прикладная информатика», профиль подготовки «Информационные системы и технологии в управлении», квалификация (степень) бакалавр. Для экспертного анализа учебного плана и экзаменационных заданий была сформирована группа экспертов из 8 человек из числа профессорско-преподавательского состава кафедры Информатики и Кибернетики БГУЭП.

4.1. Построение моделей процесса формирования компетенций

ФГОС по данному направлению определяет следующий набор компетенции, состоящий из 14 общекультурных и 22 профессиональных компетенций. Полный список компетенций приведен в приложении 2. Так же определен список из 67 изучаемых дисциплин и двух практик: учебной и производственной. Полный список дисциплин приведет в приложении 3.

Для статистического анализа результаты выполнения экзаменационных заданий были взяты из информационной системы ВУЗа. Объем выборки составил от 127 до 180 студентов. Преобразование экзаменационных баллов (из стобалльной шкалы) выполнялось в шкалу {«уд.», «хор.», «отл.»} и соответствующую ей числовую шкалу {1, 2, 3} по следующим правилам:

- от 41 до 70 баллов удовлетворительно;
- от 71 до 90 баллов хорошо;
- от 91 до 100 баллов отлично.

Отсутствие оценки «неуд.» объясняется тем, что данное исследование относится к оценкам, полученным за все время обучения, а так как неуспевающие студенты подлежат отчислению, то их результаты не учитываются.

Рассмотрим подробно процедуру на примере компетенции ПК-1 «способен использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности». В таблице 9 представлен начальный набор учебных дисциплин.

Таблица 9 – Начальный набор дисциплин

Код дисциплины	Наименование дисциплины
Б.1.В.1	Правоведение
Б.2.ДВ.3.1	Основы бизнеса
Б.3.Б.6	Информационная безопасность
Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем
Б.3.В.6	Предметно-ориентированные информационные системы
Б.3.В.9	Защита информации в банках
Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы
Б.3.ДВ.1.2	Налогообложение

После ввода данных в систему, программа сформировала опросные листы, приведенные в таблице 10.

Таблица 10 – Опросный лист по компетенции ПК-1

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ ФИО эксперта Компетенция ПК-1							
		вные правовые документы в					
		деятельности»					
Если дисциплина в левой части изучае	ется рань	ше дисциплины в правой части, ставить в					
средний столбце цифру 1, если может	г одновре	еменно – цифру 0, если позже – цифру -1					
Дисциплина 1	Посл	Дисциплина 2					
Правоведение		Основы бизнеса					
Правоведение		Информационная безопасность					
Правоведение		Проектирование информационных систем					
Правоведение		Предметно-ориентированные					
Правоведение		информационные системы					
Правоведение		Защита информации в банках					
Правоведение		Автоматизированные банковские системы					
Правоведение		Налогообложение					
Основы бизнеса		Информационная безопасность					
Основы бизнеса		Проектирование информационных систем					
Основы бизнеса		Предметно-ориентированные					
Основы оизнеса		информационные системы					
Основы бизнеса		Защита информации в банках					
Основы бизнеса		Автоматизированные банковские системы					
Основы бизнеса		Налогообложение					

Информационная безопасность	Проектирование информационных систем
Информационная безопасность	Предметно-ориентированные информационные системы
Информационная безопасность	Защита информации в банках
Информационная безопасность Информационная безопасность	Автоматизированные банковские системы
Информационная безопасность	Налогообложение
Проектирование информационных систем	Предметно-ориентированные информационные системы
Проектирование информационных систем	Защита информации в банках
Проектирование информационных систем	Автоматизированные банковские системы
Проектирование информационных систем	Налогообложение
Защита информации в банках	Автоматизированные банковские системы
Защита информации в банках	Налогообложение
Автоматизированные банковские системы	Налогообложение

Результаты опроса экспертов были перенесены в электронную книгу Excel «Итоги.xlsx», и загружены в программу для обработки. Результат вычисления показателя согласованности говорит о достаточной согласованности мнений экспертов (см. рисунок 21).

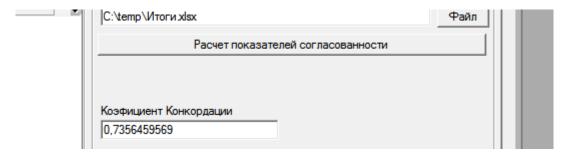


Рисунок 21. Показатель согласованности экспертов

Проведем обработку данных, используя mRSM модель оценки компетенции. Для оценки параметров модели воспользуемся результатами экзаменов групп, изучавших данные дисциплины. Всего использовано 6 групп, 128 человек. Оценки параметров заданий приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Оценки параметров заданий

J	Задание	δ_j	SE	$ au_{1j}$ (step1)	SE	$ au_{2j}$ (step2)	SE
1	Правоведение	-3,58	0,16	-7,00	0,24	2,39	0,19
2	Основы_бизнеса		0,15	-3,75	0,25	1,39	0,21
3	Информационная_безопасность	-1,47	0,15	-4,82	0,27	1,98	0,21

4	Проектирование_информационных_сис тем	-0,79	0,15	-2,96	0,25	0,28	0,19
5	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-2,27	0,17	-2,23	0,22	-0,10	0,20
6	Защита_информации_в_банках	-0,17	0,20	-3,80	0,37	0,98	0,26
7	Автоматизированные_банковские_систе мы	-0,62	0,17	-2,12	0,26	0,33	0,24
8	Налогообложение	-1,25	0,15	-3,92	0,26	1,38	0,21

Вначале проверим данные на локальную независимость, рассчитав значения Q3 статистики. Значения приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Значения $Q3_{jj'}$ статистик

j j'	Правов едение	Основ ы_бизн еса	Информа ционная_ безопасн ость	Проектирова ние_информ ационных_с истем	Предметно_орие нтированные_эко номические_инф ормационные_си стемы	Защита_ин формации _в_банках	Автоматизир ованные_бан ковские_сис темы	Нало гооб ложе ние
Правоведение	-	-0,25	-0,09	0,09	0,02	-0,4	-0,23	-0,01
Основы_бизнеса	-0,25	-	-0,33	0,00	-0,15	0,07	0,09	-0,04
Информационная_без опасность	-0,09	-0,33	-	-0,31	-0,20	-0,03	-0,21	-0,31
Проектирование_инф ормационных_систем	0,09	0,00	-0,31	-	-0,15	-0,23	0,05	-0,02
Предметно_ориентиро ванные_экономически е_информационные_с истемы	0,02	-0,15	-0,20	-0,15	-	-0,13	-0,25	0,11
Защита_информации_ в_банках	-0,4	0,07	-0,03	-0,23	-0,13	-	-0,18	-0,32
Автоматизированные_ банковские_системы	-0,23	0,09	-0,21	0,05	-0,25	-0,18	-	-0,13
Налогообложение	-0,01	-0,04	-0,31	-0,02	0,11	-0,32	-0,13	-

Ожидаемое значение статистики составляет

$$-\frac{1}{M-1} = -\frac{1}{7} \approx -0.14.$$

Сследовательно, значения Q3 должны находится в диапазоне $-0.39 < Q3_{jj'} < 0.11$ Хотя есть две пары заданий, у которых значения Q3 находятся на «пороговом» уровне, следует признать, что, согласно Q3-статистике, условие локальной независимости выполняется. Проверим соответствие эмпирических данных выбранной модели. Значения fit – статистик представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Значения fit-статистик

Параметр	Outfit	Outfit_t	Infit	Infit_t
Правоведение	0,78	-1,49	0,85	-1,36
Основы_бизнеса	0,77	-1,41	0,88	-1,04
Информационная_безопасность	1,58	2,56	1,34	2,53
Проектирование_информационных_систем	0,76	-2,14	0,78	-1,94
Предметно_ориентированные_экономические_информ				
ационные_системы	0,81	-0,77	0,93	-0,54
Защита_информации_в_банках	1,37	1,88	1,32	1,84
Автоматизированные_банковские_системы	0,83	-0,97	0,85	-1,00
Налогообложение	0,88	-0,73	0,91	-0,67
Правоведение_step1	1,91	1,70	0,94	-0,41
Правоведение_step2	0,91	-0,70	0,97	-0,63
Основы_бизнеса_step1	0,82	-0,65	0,79	-1,74
Основы бизнеса step2	0,89	-0,50	0,95	-0,56
Информационная_безопасность_step1	2,80	3,20	1,30	1,82
Информационная_безопасность_step2	1,03	0,20	1,04	0,51
Проектирование_информационных_систем_step1	0,62	-1,89	0,73	-2,06
Проектирование_информационных_систем_step2	0,85	-0,33	0,90	-2,05
Предметно_ориентированные_экономические_информ				
ационные_системы_step1	0,91	-0,39	1,01	0,17
Предметно_ориентированные_экономические_информ				
ационные_системы_step2	0,90	-0,40	1,01	0,13
Защита_информации_в_банках_step1	1,76	1,68	1,22	1,00
Защита_информации_в_банках_step2	1,35	1,12	1,11	1,22
Автоматизированные_банковские_системы_step1	0,83	-1,04	0,85	-1,24
Автоматизированные_банковские_системы_step2	0,92	0,00	1,05	0,64
Налогообложение_step1	0,82	-0,56	1,02	0,18
Налогообложение_step2	1,02	0,17	0,98	-0,24

По дисциплине «информационная безопасность» fit-статистики превысили критические значения (однако, Infit-статистики превысили их

незначительно). Уберем данное задание, и проведем анализ повторно. Результаты приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Значения fit-статистик mRSM

Параметр	Outfit	Outfit_t	Infit	Infit_t
Правоведение	0,98	-0,07	0,99	-0,08
Основы_бизнеса	0,85	-0,87	0,86	-1,08
Проектирование_информационных_систем	0,79	-1,80	0,81	-1,61
Предметно_ориентированные_экономические_информ ационные_системы	0,85	-0,78	0,89	-0,85
Защита_информации_в_банках	1,82	3,59	1,55	2,95
Автоматизированные_банковские_системы	1,08	0,51	1,14	0,95
Налогообложение	0,96	-0,18	0,97	-0,22
Правоведение_step1	2,08	1,78	1,25	1,66
Правоведение_step2	1,02	0,21	0,94	-0,98
Основы_бизнеса_step1	0,93	-0,15	0,88	-0,78
Основы_бизнеса_step2	0,91	-0,25	0,95	-0,61
Проектирование_информационных_систем_step1	0,81	-0,76	0,80	-1,53
Проектирование_информационных_систем_step2	0,93	-0,18	0,93	-1,09
Предметно_ориентированные_экономические_информ ационные_системы_step1	0,77	-1,14	0,89	-1,10
Предметно_ориентированные_экономические_информ ационные_системы_step2	0,86	-0,74	0,99	-0,17
Защита_информации_в_банках_step1	1,96	1,81	1,43	1,68
Защита_информации_в_банках_step2	1,39	1,58	1,26	2,49
Автоматизированные_банковские_системы_step1	0,88	-0,58	0,89	-0,82
Автоматизированные_банковские_системы_step2	1,31	0,64	1,07	0,92
Налогообложение_step1	0,99	0,08	1,08	0,54
Налогообложение_step2	0,86	-0,53	0,89	-1,50

Теперь то же самое можно сказать и о дисциплине «Защита информации в банках». Исключив задание по «Защите информации в банках», мы получим следующие значения статистик (см. таблица 15).

Таблица 15 – Значения fit-статистик модифицированной

Параметр	Outfit	Outfit_t	Infit	Infit_t
Правоведение	0,93	-0,38	0,95	-0,41
Основы_бизнеса	1,01	0,10	0,96	-0,29
Проектирование_информационных_систем	0,91	-0,76	0,92	-0,68
Предметно_ориентированные_экономические_информ				
ационные_системы	0,87	-0,60	0,99	-0,05
Автоматизированные_банковские_системы	1,08	0,46	1,11	0,77
Налогообложение	0,91	-0,49	0,89	-0,81
Правоведение_Хор	1,03	0,28	1,13	0,98

Правоведение_Отл	0,87	-0,79	0,96	-0,60
Основы_бизнеса_Хор	1,14	0,51	0,98	-0,12
Основы_бизнеса_Отл	0,87	-0,40	0,98	-0,19
Проектирование_информационных_систем_Хор	0,63	-1,43	0,79	-1,41
Проектирование_информационных_систем_Отл	0,85	-0,47	0,96	-0,63
Предметно_ориентированные_экономические_информ				
ационные_системы_Хор	0,83	-0,75	0,95	-0,41
Предметно_ориентированные_экономические_информ				
ационные_системы_Отл	1,04	0,23	1,02	0,29
Автоматизированные_банковские_системы_Хор	0,88	-0,39	0,92	-0,50
Автоматизированные_банковские_системы_Отл	0,89	-0,25	0,98	-0,20
Налогообложение_Хор	1,12	0,44	1,21	1,21
Налогообложение_Отл	1,01	0,14	1,04	0,47

Рассмотрим, почему два задания («информационная безопасность» и «Защита информации в банках») не соответствуют модели оценивания. Для этого проанализируем таблицу оценок (часть приведена в таблице 16). Очевидно, что по заданию «информационная безопасность» наблюдается некоторое несоответствие оценок общему фону. Студенты, которые учатся по другим дисциплинам на «хорошо» и «отлично», по «информационной безопасности» получают удовлетворительно и наоборот.

Следовательно, стоит провести более глубокий анализ учебной программы и ее проведения на предмет соответствия формируемой компетенции. Возможно, при изучении данной дисциплины акцент обучения сделан на других компетенциях, что находит отражение и в оценках.

Таблица 16 – Оценки студентов в баллах

ФИО	Правовед ение	Основы бизнеса	Информаци онная безопасност ь	Проектиров ание информацио нных систем	Предметно- ориентированны е экономические информационны е системы	Защита информац ии в банках	Автоматиз ированные банковские системы	Налого обложе ние
Person 1	91	94	<u>63</u>	91	92	85	93	98
Person 2	80	45	<u>91</u>	50	75	75	60	48
Person 3	65	48	<u>98</u>	60	82	80	50	41
Person 4	56	48	<u>100</u>	41	41	60	41	50
Person 5	91	84	<u>54</u>	60	100	70	44	64
Person 6	93	91	<u>54</u>	79	100	80	92	94
Person 7	45	51	<u>96</u>	60	91			55
Person 8	73	71	<u>62</u>	91	87	95	91	52
Person 9	78	91	<u>60</u>	91	92	95	91	91
Person 10	95	94	<u>48</u>	71	93			61

Дополнительно рассмотрим соответствие траектории изучения дисциплин, которые были выработаны экспертами, с действующим учебным планом. Последовательность изучения приведена в таблице 17 а вырезка из учебного плана – в таблице 18.

Таблица 17 – Карта компетенции ПК-1

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем
1	Б.1.В.1	Правоведение
	Б.2.ДВ.3.1	Основы бизнеса
2	Б.3.Б.6	Информационная безопасность
	Б.3.В.6	Предметно-ориентированные информационные системы
2	Б.3.В.6	Налогообложение
3	Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы
4	Б.3.В.9	Защита информации в банках

Таблица 18 – Фрагмент учебного плана

Код	Наименование циклов, разделов ООП,				пред				
дисциплины	модулей, дисциплин, практик	1	2	3	4	5	6	7	8
Б.1.В.1	Правоведение			+					
Б.2.ДВ.3.1	Основы бизнеса						+		
Б.3.Б.6	Информационная безопасность				+				
Б.3.Б.8	Проектирование информационных				+				
	систем								
Б.3.В.6	Предметно-ориентированные							+	+
	информационные системы								
Б.3.В.9	Защита информации в банках								+
Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские							+	
	системы								
Б.3.ДВ.1.2	Налогообложение							+	

В целом карта компетенции соответствует учебному плану, но наблюдается большой разрыв во времени между изучением дисциплин «информационная безопасность» и «Защита информации в банках». Стоит рекомендовать пересмотреть учебный план, чтобы «сблизить» изучение рассматриваемых дисциплин, так как такой разрыв может быть еще одной

причиной выявленных несоответствий. Можно отметить, что «Защита информации в банках» непосредственно опирается на знания, получаемые по «информационной безопасности», и исключение «информационной безопасности» из карты компетенций закономерно приводит к тому, что приходится исключить и «Защиту информации в банках». Учитывая все вышеизложенное, все дисциплины стоит оставить в карте компетенции для ее оценки, но рекомендовать провести более глубокий анализ содержания двух дисциплин.

Определенный интерес представляет анализ пороговых значений (см. таблицу 19).

Таблица 19 – «Пороговые» значения заданий

Задание	Уд	Xop	Отл
Правоведение	-10,59	-1,29	1,12
Основы_бизнеса	-5,15	-0,25	1,23
Информационная_безопасность	-6,29	0,24	1,65
Проектирование_информационных_систем	-3,79	-0,56	1,97
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_системы	-4,60	-2,34	0,13
Защита_информации_в_банках	-3,97	0,68	2,78
Автоматизированные_банковские_системы	-2,83	-0,39	1,35
Налогообложение	-5,17	-0,08	1,51

Можно увидеть, что сложнее всего получить четверку по дисциплине информации в банках», а легче всего – по «Предметноориентированным экономическим информационным системам». Пятёрку сложнее всего получить по «Зашите информации в банках», а легче всего – по «Предметно-ориентированным экономическим информационным системам». Можно рекомендовать несколько усложнить задания, которые выполняют студенты по «Предметно-ориентированным экономическим информационным системам». А результаты «Зашита информации в банках» могут объясняться не излишней сложностью экзаменов, а большой разницей во времени между предшествующей дисциплиной базовые знания ПО «информационной безопасности» уже в большинстве своем были забыты.

Дополнительно на рисунках 22 и 23 показано распределения уровней трудности заданий и оценок компетенций.

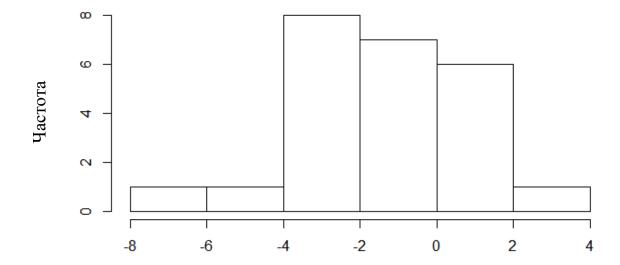


Рисунок 22. Распределение оценок сложности заданий ПК-1

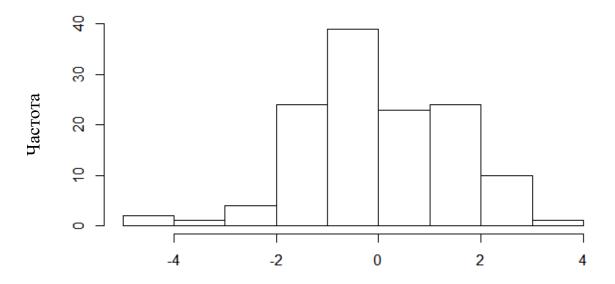


Рисунок 23. Распределение оценок компетенций ПК-1

Средний уровень знаний студентов превышает среднюю трудность заданий на 1,39 логита, что свидетельствует либо о достаточно высоком уровне усвоения учебного материала, либо о том, что предложенные задания не сложны для студентов, что косвенно подтверждает наблюдаемое смешение оценок параметров заданий в отрицательную зону. К тому же неуспевающие студенты были исключены из исследования по объективным причиним — отчисление из ВУЗа, что тоже сказывается на смещении оценок вправо.

Большой интервал изменения оценок компетенции говорит о хорошей дифференцирующей способности предложенного конструкта.

каждой Данная процедура проведена ПО компетенции данного направления обучения, определены учебные дисциплины, формирующие компетенции, построена последовательности их изучения полученные оценки Набор статистик. карт «профессиональных» параметров И значения компетенций приведен в приложении 4. В связи с тем, что ПП не может моделей $(\delta_i, \tau_{1i}, \tau_{2i})$, то параметр выводить символы параметров обозначается названием задания, а параметры $\pmb{\tau_{1i}}, \pmb{\tau_{2i}}$ обозначаются в формате «название задания P1» и «название задания P2» соответственно.

4.2. Формирование трёхуровневой лингвистической шкалы

Для формирования лингвистической шкалы был использован метод, предложенный в параграфе 3.2. Экспертами выступили преподаватели кафедры информатики и кибернетики. Для трёхуровневой шкалы получены следующие интервалы (см. таблица 20).

Таблица 20 – Экспертные оценки «типичных» интервалов

n		1		2					
m	x_{mn}^1	x_{mn}^2	x_{mn}^1	x_{mn}^2	x_{mn}^1	x_{mn}^2			
1	0	0,50	0,51	0,75	0,76	1			
2	0	0,30	0,31	0,70	0,71	1			
3	0	0,40	0,41	0,80	0,81	1			
4	0	0,45	0,46	0,80	0,81	1			
5	0	0,50	0,51	0,85	0,86	1			
6	0	0,41	0,42	0,71	0,72	1			
7	0	0,45	0,46	0,75	0,76	1			

Тогда пересечения этих интервалов даст следующие интервалы:

$$(x_1^1, x_1^2) = (0, x_1^2) = \bigcap_{i=1}^{7} (x_{i1}^1, x_{i1}^2) = (0, 0.30),$$
(4.1)

$$(x_2^1, x_2^2) = \bigcap_{i=1}^7 (x_{i2}^1, x_{i2}^2) = (0.51, 0.71),$$
 (4.2)

$$(x_3^1, x_3^2) = (x_3^1, 1) = \bigcap_{i=1}^{7} (x_{i3}^1, x_{i3}^2) = (0.86, 1).$$
 (4.3)

Запишем функции принадлежности соответствующих нечетких чисел оценки компетенций «сформирована на начальном уровне», «сформирована на среднем уровне», «сформирована на высоком уровне» (соответственно $\mu_1(x), \mu_2(x), \mu_3(x)$:

$$\mu_{1}(x) = \begin{cases} 1,0 \le x \le 0.3; \\ R\left(\frac{0.51 - x}{0.21}\right), 0.3 < x \le 0.51; \\ 0,0.51 < x \le 1. \end{cases}$$
(4.4)

$$\mu_{2}(x) = \begin{cases} 0.0 \le x \le 0.3; \\ L\left(\frac{x - 0.3}{0.21}\right), x_{1}^{2} < x \le x_{2}^{1}; \\ 1.0.51 < x \le 0.71; \\ R\left(\frac{0.86 - x}{0.35}\right), x_{2}^{2} < x \le x_{3}^{1}; \\ 0.0.86 < x \le 1. \end{cases}$$

$$(4.5)$$

$$\mu_{3}(x) = \begin{cases} 0,0 \le x \le 0.71; \\ L\left(\frac{x - 0.71}{0.15}\right), 0.71 < x \le 0.86; \\ 1,0.86 < x \le 1. \end{cases}$$
(4.6)

4.3. Определение оценок компетенций студентов

По разработанным картам компетенций (см. Приложение 4) были оценены латентные факторы (компетенции), и по каждому студенту проведён Fit – анализ.

В таблице 21 представлены оценки (частично, не всех) компетенций ПК-1 четырех потоков студентов: ИС-10, ИС-11, ИС-12, ИС-13.

Таблица 21 – Фрагмент таблицы оценок компетенций ПК-1 студентов в логитах

No	ФИО	Логит	SE	Nº	ФИО	Логит	SE
1	person1	-0,56	0,66	65	person65	-0,13	0,65
2	person2	0,69	0,64	66	person66	-0,29	0,72
3	person3	0,72	0,71	67	person67	0,22	0,71
4	person4	-1,42	0,79	68	person68	1,11	0,66
5	person5	3,65	1,02	69	person69	-2,62	0,78
6	person6	0,69	0,64	70	person70	-2,04	0,75
7	person7	-1,50	0,72	71	person71	-0,56	0,66
8	person8	-1,50	0,72	72	person72	3,65	1,02
9	person9	1,11	0,66	73	person73	2,09	0,76
10	person10	-0,56	0,66	74	person74	-2,62	0,78
11	person11	-1,50	0,72	75	person75	-0,29	0,72
12	person12	-0,29	0,72	76	person76	-0,83	0,75
13	person13	-2,04	0,75	77	person77	0,28	0,64
14	person14	1,11	0,66	78	person78	2,53	0,90
15	person15	-0,13	0,65	79	person79	-0,13	0,65
16	person16	-0,29	0,72	80	person80	-2,08	0,83
17	person17	-2,04	0,75	81	person81	-0,89	1,09

В таблице 22 представлены результаты fit-анализа части оценок по компетенции Π K-1.

Таблица 22 – Фрагмент таблицы fit-анализа оценок компетенции ПК-1

person	outfit	outfit_t	infit	infit_t	person	outfit	outfit_t	infit	infit_t
1	1,25	0,64	1,34	0,81			•••		
2	1,19	0,58	1,18	0,57	43	0,37	-1,13	0,37	-1,19
3	0,14	-3,06	0,10	-3,56	44	0,49	-1,40	0,47	-1,49
4	0,96	0,21	1,07	0,33	45	0,53	-0,88	0,52	-0,92
5	1,11	0,38	1,34	0,75	46	0,52	-0,49	0,58	-0,48
6	0,72	-0,58	0,72	-0,60	47	2,16	1,39	2,11	1,53
7	1,00	0,23	1,20	0,51	48	0,42	-1,52	0,38	-1,70
8	1,63	1,26	1,47	1,02	49	1,50	1,06	1,43	0,96
9	0,36	-1,98	0,36	-2,03	50	1,28	0,69	1,15	0,46
10	0,64	-0,70	0,56	-0,96	51	0,67	-0,70	0,72	-0,59
11	0,40	-0,91	0,44	-0,96	52	0,49	-1,43	0,45	-1,64
12	1,39	0,82	1,52	1,01	53	0,80	-0,22	0,85	-0,12
13	2,20	1,85	1,78	1,39	54	0,66	-0,55	0,69	-0,53
14	0,49	-1,43	0,45	-1,64	55	1,91	1,78	2,08	2,10
15	0,38	-1,55	0,39	-1,53	56	0,56	-0,58	0,63	-0,50
16	0,88	-0,05	0,88	-0,05	57	0,84	-0,29	0,89	-0,17
17	0,12	-1,70	0,15	-1,97	58	0,26	-0,55	0,28	-0,56
18	0,87	-0,17	0,93	-0,01	59	0,15	-1,16	0,20	-1,33

19	0,10	0,36	0,17	-0,35	60	0,84	0,16	0,89	0,12
20	0,39	-0,88	0,44	-0,94	61	0,74	-0,50	0,76	-0,47
21	0,77	0,06	1,06	0,34	62	1,98	1,76	1,44	0,98
22	1,12	0,41	1,07	0,31	63	0,50	-0,80	0,58	-0,69
23	0,50	-1,24	0,53	-1,22	64	0,84	-0,23	0,96	0,06
24	0,53	-1,25	0,52	-1,32	65	0,38	-1,56	0,40	-1,52
25	1,21	0,62	1,27	0,74	66	0,36	-1,41	0,36	-1,42
26	0,11	-1,45	0,14	-1,81	67	1,23	0,60	1,31	0,74
27	0,53	-1,05	0,57	-0,98	68	1,15	0,49	1,25	0,71
28	0,84	-0,10	1,04	0,25	69	0,15	-1,46	0,21	-1,68
29	1,33	0,65	1,11	0,38	70	1,74	1,10	1,67	1,11
30	0,25	-0,78	0,40	-0,72	71	1,04	0,24	1,07	0,30
31	0,59	-1,02	0,62	-0,93	72	0,46	-0,71	0,53	-0,71
32	0,77	-0,48	0,86	-0,24	73	0,94	0,00	1,06	0,28
33	0,62	-0,56	0,57	-0,78	74	1,48	0,80	0,95	0,13
34	0,43	-1,34	0,46	-1,26	75	0,36	-1,41	0,36	-1,42
35	0,43	-1,22	0,24	-1,39	76	0,63	-0,47	0,68	-0,40
36	0,40	-0,95	0,47	-0,84	77	0,27	-2,51	0,20	-3,03
37	0,43	-1,22	0,24	-1,39			•••		

По данной компетенции следует признать полностью не соответствующими только две записи – по 3 и 77 студенту. По некоторым студентам, у которых значение outfit и infit превышают критические значения в сторону увеличения (например, 13, 47 и 55), также можно рекомендовать проведение дополнительных оценочных процедур. Однако в целом результаты измерения можно признать хорошими, по всем компетенциям более чем 95 % оценок студентов вписываются в выбранную модель mRSM. По оценкам студентов, которые слабо вписываются В модель, проводить стоит дополнительный анализ причин несоответствия.

Для других компетенций оценки в виде гистограмм (карт Райта) представлены на рисунках 24 и 25.

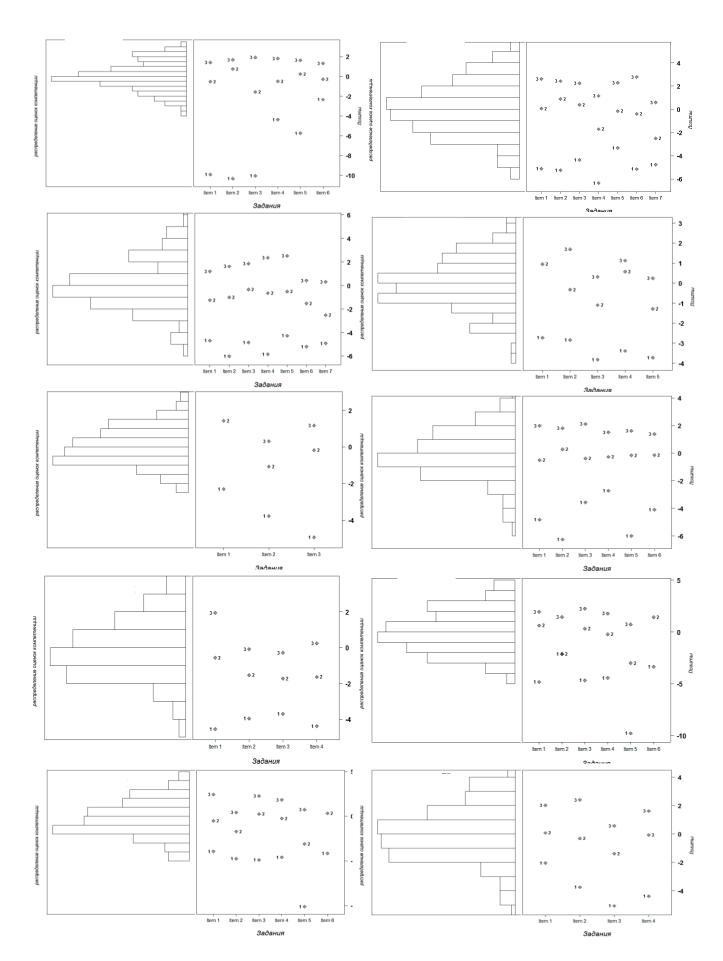


Рисунок 24. Гистограммы оценок компетенций 129

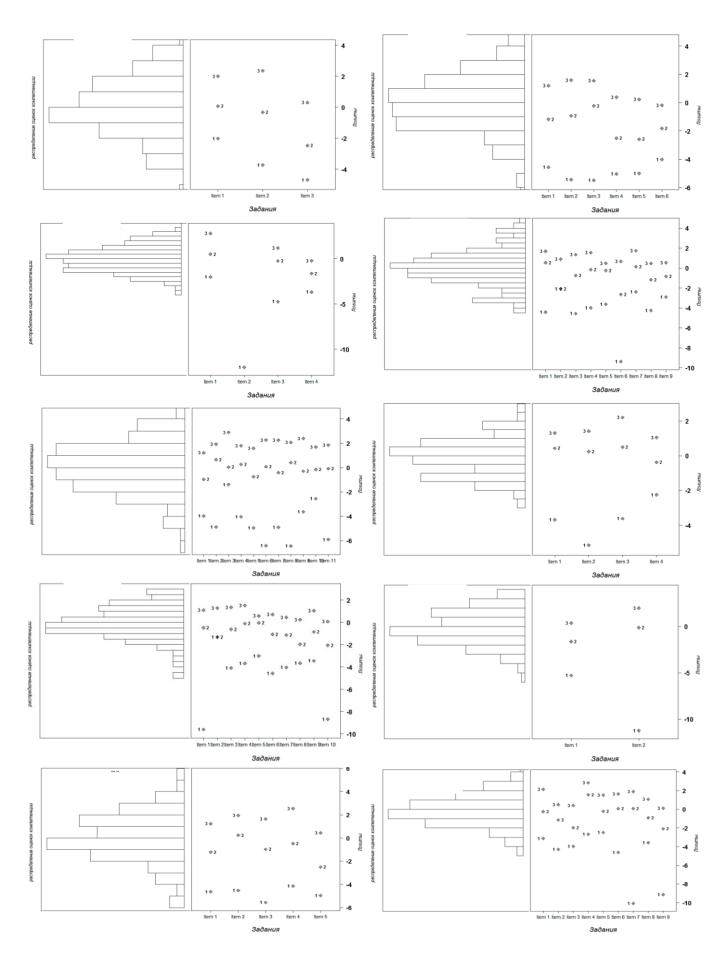


Рисунок 25. Гистограммы оценок компетенций 130

Также оценки компетенций могут быть выражены в стобальной и лингвистической шкале. Преобразование логитов в стобальную и в лингвистическую шкалы осуществляется по методам, рассмотренным в параграфе 3.2., трехуровневая лингвистическая шкала определена в параграфе 4.2.

Приведем пример лингвистического распознавания оценки студента. Пусть студент получил оценку компетенции θ в 2,3 логита, ошибка измерения s составила 0,63, а θ_{min} – -4.87, θ_{max} – +4.29. Тогда

$$t = \frac{2.3 + 4.87}{4.29 + 4.87} = 0,78,\tag{4.7}$$

$$\varepsilon(t) = \frac{0.63}{4.29 + 4.87} = 0.07. \tag{4.8}$$

$$\mu_{t}(x) = \begin{cases} 0,0 \le x \le 0.57; \\ L\left(\frac{x - 0.57}{0.21}\right), 0.57 < x \le 0.78; \\ 1, x = 0.78; \\ R\left(\frac{0.99 - x}{0.21}\right), 0.78 < x \le 0.99; \\ 0,0.99 < x \le 1. \end{cases}$$
(4.9)

Следовательно,

$$d(\mu_{t}(x), \mu_{t}(x)) = \frac{1}{2}(|0.78 - 0| + |0.78 - 0.3| + |0.57 - 0| + |0.99 - 0.51|) = 1.15, \quad (4.10)$$

$$d(\mu_{t}(x), \mu_{2}(x)) = \frac{1}{2}(|0.78 - 0.51| + |0.78 - 0.71| + |0.57 - 0.30| + |0.99 - 0.86|) =$$

$$= 0.37,$$
(4.11)

$$d(\mu_{t}(x), \mu_{3}(x)) = \frac{1}{2}(|0.78 - 0.86| + |0.78 - 1| + |0.57 - 0.71| + |0.99 - 1|) = 0.22.$$
 (4.12)

Так как наименьшее расстояние достигается с функцией принадлежности $\mu_3(x)$, то можно сказать, что компетенция сформирована у студента на

высоком уровне. Результат преобразования (для четырёх групп студентов по компетенции ПК-1) представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Фрагмент таблицы оценок компетенций ПК-1 студентов (уровни сформированности)

№	ФИО	Уровень сформированности компетенции	No	ФИО	Уровень сформированности компетенции
1	person1	средний уровень	65	person65	средний уровень
2	person2	средний уровень	66	person66	средний уровень
3	person3	средний уровень	67	person67	средний уровень
4	person4	средний уровень	68	person68	средний уровень
5	person5	высокий уровень	69	person69	начальный уровень
6	person6	средний уровень	70	person70	начальный уровень
7	person7	средний уровень	71	person71	средний уровень
8	person8	средний уровень	72	person72	высокий уровень
9	person9	средний уровень	73	person73	средний уровень
10	person10	средний уровень	74	person74	начальный уровень
11	person11	средний уровень	75	person75	средний уровень
12	person12	средний уровень	76	person76	средний уровень
13	person13	начальный уровень	77	person77	средний уровень
14	person14	средний уровень	78	person78	высокий уровень
15	person15	средний уровень	79	person79	средний уровень
16	person16	средний уровень	80	person80	начальный уровень
17	person17	начальный уровень	81	person81	средний уровень
18	person18	средний уровень	82	person82	средний уровень
19	person19	начальный уровень	83	person83	высокий уровень
20	person20	высокий уровень	84	person84	средний уровень
21	person21	начальный уровень	85	person85	средний уровень
22	person22	средний уровень	86	person86	средний уровень
23	person23	средний уровень	87	person87	средний уровень
24	person24	средний уровень	88	person88	высокий уровень
25	person25	средний уровень	89	person89	высокий уровень
26	person26	начальный уровень	90	person90	средний уровень
27	person27	средний уровень	91	person91	средний уровень
28	person28	высокий уровень	92	person92	средний уровень

Подобные расчеты проведены по всем студентам, обучающимися по исследуемому направлению подготовки, результаты сохранены в базу данных и могут быть доступны по запросу из любого APMa информационной системы университета.

4.4. Исследование точности оценки компетенций

Как и любое измерение, измерение с использованием IRT — моделей происходит с некоторой погрешностью. Эта погрешность определяется в виде стандартной ошибки — величины, характеризующей стандартное отклонение выборочного среднего. На рисунках 26, 27 и 28 приведены графики зависимости стандартной ошибки от оценки компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-5.

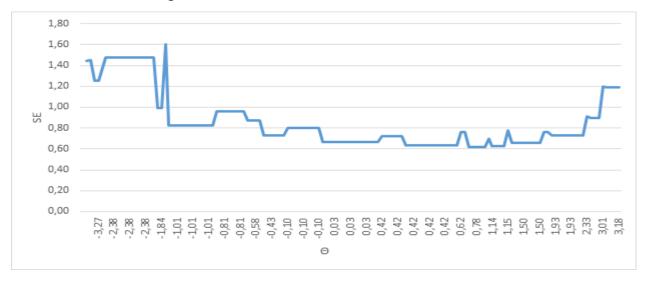


Рисунок 26. Зависимость стандартных ошибок от оценки компетенции ПК-1

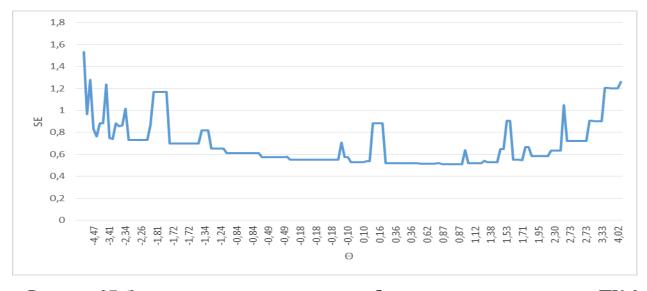


Рисунок 27. Зависимость стандартных ошибок от оценки компетенции ПК-2

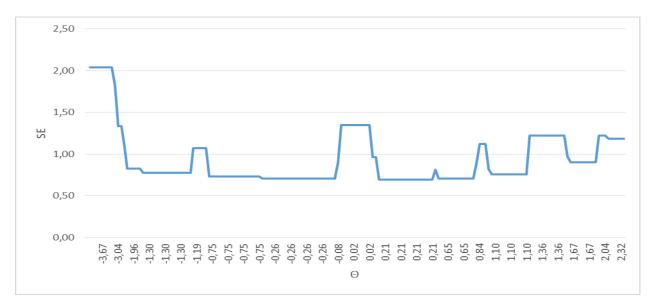


Рисунок 28. Зависимость стандартных ошибок от оценки компетенции ПК-5

Аналогичные графики получены и по другим компетенциям. Очевидно, что зависимость носит нелинейных характер, достигая своего минимума при значении параметра Θ , примерно равному 0.5-0.7, иными словами в середине шкалы, и достигая своего максимума по краям шкалы.

Дополнительно проведем исследование модели с помощью имитационного моделирования. Возьмем диапазон измерения латентной переменной $\theta \in (-4;+4)$ (большие или меньшие значения встречаются крайне редко). Исследуются 33 уровня сформированности компетенции, равномерно распределенных по выбранному диапазону измерения с шагом 0,25 логита (т.е. $\theta_1 = -4.00, \theta_2 = -3,75,..., \theta_{33} = +4.00$). Генерируется матрицы ответов для 132 и 396 студентов, по наборам из 4, 8 и 12 заданий. Параметры заданий генерируются случайным образом в диапазоне (-4;+4) логита, при условии, $\delta_j - \tau_{j1} < \delta_j - \tau_{j2} < ... < \delta_j - \tau_{ju}$. «Сложности» заданий равномерно смещались в сторону увеличения, что бы в наборе были как простые, так и сложные задания. Тогда по формуле

$$p_{iju} = \frac{e^{k\theta - k\delta_j - \sum_{u=0}^{k} \tau_{ju}}}{1 + \sum_{v=1}^{K} e^{\sum_{u=1}^{v} (\theta - \delta_j - \tau_{ju})}}$$
(4.13)

вычисляются вероятности получения *и*-оценки. На основе вычисленных вероятностей результаты выполнения заданий получаются по формуле:

$$y_{ij} = abs(p_{ij1} + \zeta_1) + ... + abs(p_{iju} + \zeta_u)$$
 (4.14)

где abs(...) – целая часть числа; $\zeta_1,...,\zeta_u$ – случайная составляющая. Результаты вычислений для заданий, измеряемых в трёхуровневой шкале (в виде карт Райта) представлены на рисунке 29. Генерируемые наборы именуются по схеме «количество заданий»-«количество испытуемых», расположение слева направо, сверху вниз.

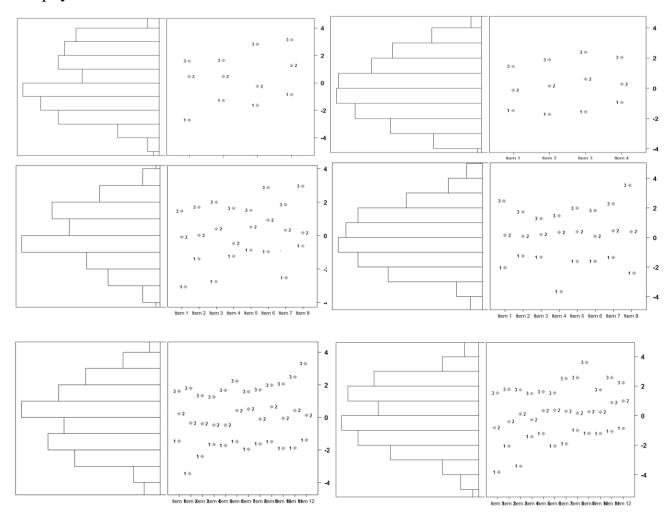


Рисунок 29. Карты Райта (для случаев 4-132, 4-396, 8-132, 8-396, 12-132, 12-396)

Графики зависимости стандартных ошибок от оценки латентной переменной для смоделированных случаев приведены на рисунке 30.

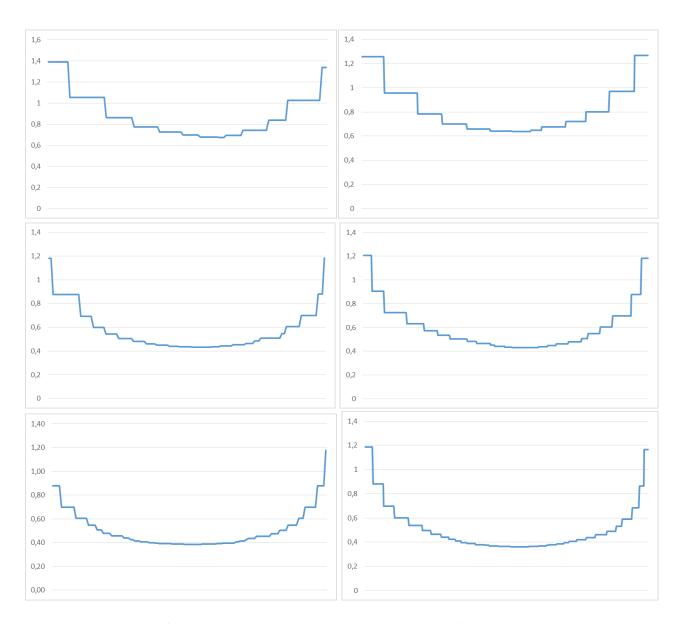


Рисунок 30. Графики зависимости стандартных ошибок от уровня латентной переменной (для случаев 4-132, 4-396, 8-132, 8-396, 12-132, 12-396)

Для увеличения надежности исследования по каждой исследуемой комбинации «количество заданий»-«количество испытуемых» было проведено три прогона генерации исходных баллов y_{ij} . Результаты аналогичны представленным выше. В результате анализа полученных графиков сделан вывод, что увеличение количества наблюдений (испытуемых) незначительно влияет на увеличение точности оценки. Более важным является количество заданий в наборе для оценки латентного параметра. Однако, если различие в стандартной ошибке в случае наборов из 4 и 8 заданий значительно, то разница между наборами из 8 и 12 заданий уже не так существенна. Для подтверждения

этого вывода были дополнительно сгенерированы результаты для 20 и 30 заданий. Стабильного улучшения точности замечено не было, в некоторых прогонах точность ухудшалась, к тому же такие наборы переставали проходить проверку по fit-статистикам (требовалось исключение некоторых заданий, что опять приводило к 12-15 заданиям в наборе).

В связи с этим сделан вывод о том, что 6-10 заданий для конструкта оптимальным случае использования латентной является модели экзаменационных заданий. Снижение количества заданий допустимо, однако при этом наблюдается увеличение стандартной ошибки (в случае 4-х заданий 0.2). Увеличение количества заданий на не приводит существенному дальнейшему уменьшению ошибки, при этом возрастает анализа и интерпретации. По дополнительно проведенным генерациям (рассмотрены варианты с количеством заданий 2,6,10, по 5 моделирования) получены графики зависимости прогонов значения минимальной стандартной ошибки (усредненной) от количества заданий в конструкте, рисунок 31.

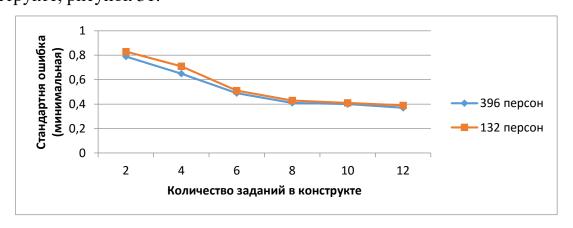


Рисунок 31. Зависимость стандартной ошибки от количества заданий конструкта

Результаты оценки компетенции на реальных эмпирических данных хорошо согласуются как с приведенными результатами моделирования, так и с результатами, посвященными исследованию максимально достижимой точности измерения IRT-моделей [86, 102, 135]. В свете проведенного анализа можно утверждать, что предложенная в работе модель и метод оценки

параметров дают очень хорошую оценку компетенции, применимую для практического использования.

4.5. Исследование влияния многомерности данных

Экзаменационное задание по своей природе является собирательным, поэтому возникает вопрос об исследовании влияния множества компетенций на полученную экзаменационную оценку. Для этого можно использовать подход, рассмотренный в работах [90, 91, 127], суть которого заключается в добавлении к стандартной модели дополнительного параметра, который позволяет учитывать влияние нескольких других латентных параметров. Введем в латентную модель экзаменационных оценок (mRSM) (2.31) дополнительный параметр для учета влияния многомерности данных γ , и запишем ее в следующем виде (TmRSM):

$$P(y_{ij} = k \mid \theta_i, \delta_j, \tau_{ju}) = \frac{e^{k\theta_i - k\delta_j - \sum_{u=0}^{k} (\tau_{ju} + \gamma_{d(j)i})}}{1 + \sum_{v=1}^{K} e^{\sum_{u=1}^{v} (\theta_i - \delta_j - \tau_{ju} + \gamma_{d(j)i})}}$$
(4.15)

Однако при использовании модели (4.15) возникают три существенные сложности: 1) увеличение числа параметров приводит к увеличению вычислительной сложности алгоритма; 2) использование большого числа параметров в некоторых случаях может не привести к повышению согласия эмпирических данных и модели; 3) возрастает «сложность» задания исходных данных и интерпретации результатов. Поэтому задача определения «границ» использования одномерной модели является важной и зачастую определяющей для успешного применения модели в практической деятельности.

Для сравненения моделей воспользуемся процедурой, описанной в параграфе 3.4. (формулы 3.73 — 3.79). Приведем пример исследования конструкта компетенции ПК-1. По ней определены 8 экзаменационных заданий (см. параграф 4.1.). Дополнительно построим матрицу (см. таблицу 24), в

которой цифрой 1 обозначены компетенции, влияющие на оценку соответствующего задания. Данная матрица сформирована экспертами по результатам анализа экзаменационных заданий.

Таблица 24 — Матрица влияния компетенций на экзаменационные задания конструкта

Задание	ПК-1	ПК-2	ПК-4	S-XII	9-ЖП	11К-8	ПК-11	ПК-13	ПК-14	ПК-15	ПК-18	ПК-19	ПК-22
1	1								1	1			
2	1												
3	1												
4	1			1	1	1	1						
5	1		1					1	1			1	
6	1		1								1		1
7	1	1	1			1					1		1
8	1												1

На основе оценок студентов рассчитаны параметры моделей и значения статистик (таблица 25). Анализируя таблицу, видно, что в целом обе модели достаточно хорошо описывают эмпирические данные, хотя можно отметить, что если для параметра δ_3 задания «Информационная безопасность» значения статистик mRSM хоть и значительны, но допустимы, то для TmRSM они говорят либо о слабой пригодности данного задания к оценке ПК-1 в случае использования этой модели, либо о недостаточной выборке, что объясняется большим количеством параметров TmRSM.

Таблица 25 – Значения fit - статистик

2422424244244	Экзаменационное задание			Значения статистик										
Экзаменационное		mR	SM		TmRSM									
Наименование	Параметр	Outfit	Outfit (t)	Infit	Infit (t)	Outfit	Outfit (t)	Infit	Infit (t)					
Правоведение	$\delta_{_{1}}$	0,78	-1,49	0,85	-1,36	0,85	-0,92	0,93	-0,58					
	$ au_{11}$	1,91	1,70	0,94	-0,41	0,89	-0,05	0,90	-0,88					
	$ au_{12}$	0,91	-0,70	0,97	-0,63	0,88	-0,90	0,96	-0,83					
Основы бизнеса	δ_2	0,77	-1,41	0,88	-1,04	0,67	-2,17	0,76	-2,14					
	$ au_{21}$	0,82	-0,65	0,79	-1,74	0,84	-0,55	0,87	-0,92					

	$ au_{22}$	0,89	-0,50	0,95	-0,56	1,02	0,15	0,94	-0,73
Информационная	$\delta_{\scriptscriptstyle 3}$	1,58	2,56	1,34	1,80	1,69	3,91	1,49	3,44
безопасность	$ au_{31}$	0,89	-0,50	0,95	1,80	1,78	1,79	1,22	1,32
	$ au_{32}$	2,80	3,20	1,30	1,21	1,12	0,55	1,08	0,91
Проектирование	$\delta_{\scriptscriptstyle 4}$	0,76	-2,14	0,78	-2,06	0,81	-1,67	0,82	-1,54
информационных систем	$ au_{41}$	0,62	-1,89	0,73	-2,06	0,80	-0,93	0,82	-1,32
Cherein	$ au_{42}$	0,85	-0,33	0,90	-2,05	0,91	-0,25	0,97	-0,57
Предметно-	$\delta_{\scriptscriptstyle 5}$	0,81	-0,77	0,93	-0,54	0,89	-0,53	0,97	-0,18
ориентированные экономические	$ au_{51}$	0,91	-0,39	1,01	0,17	0,83	-1,04	0,93	-0,69
информационные системы	$ au_{52}$	0,90	-0,40	1,01	0,13	0,95	-0,23	1,03	0,54
Защита информации	$\delta_{\scriptscriptstyle 6}$	1,37	1,88	1,32	1,84	1,44	2,21	1,42	2,37
в банках	$ au_{61}$	1,76	1,68	1,22	1,00	1,48	1,16	1,35	1,47
	$ au_{62}$	1,35	1,12	1,11	1,22	1,26	1,26	1,13	1,35
Автоматизированные	δ_7	0,83	-0,97	0,85	-1,00	1,24	1,34	1,17	1,16
банковские системы	$ au_{71}$	0,83	-1,04	0,85	-1,24	0,97	-0,14	0,95	-0,32
	$ au_{72}$	0,92	0,00	1,05	0,64	0,97	-0,06	1,05	0,63
Налогообложение	$\delta_{_{8}}$	0,88	-0,73	0,91	-0,67	0,98	-0,06	0,96	-0,25
	$ au_{81}$	0,82	-0,56	1,02	0,18	1,00	0,09	1,01	0,08
	$ au_{82}$	1,02	0,17	0,98	-0,24	1,36	1,35	1,03	0,36

В таблице 26 приведены значения информационных критериев – мер относительно качества моделей, учитывающих степень «подгонки» модели под данные с корректировкой (штрафом) на используемое количество оцениваемых параметров.

Таблица 26 – Значения информационных критериев

Информационный критерий	TmRSM	mRSM
Акайке (AIC)	1964.5	1775.37
Скорректированный Акаике (AICc)	4187.83	1788.12
Байесовский (ВІС)	2292.48	1846.67
Скорректированный Байесовский (аВІС)	1925.19	1766.83
Состоятельный Акаике (САІС)	2407.48	1871.67

Даже если исключить из рассмотрения AICc, который накладывает сильно большой штраф на количество параметров, все равно увеличение количества параметров является очень существенным и сказывается на

значениях всех прочих информационных критериев, согласно которым следует выбрать mRSM.

На рисунке 32 в графическом виде представлены оценки компетенций студентов в логитах, рассчитанные по двум моделям.

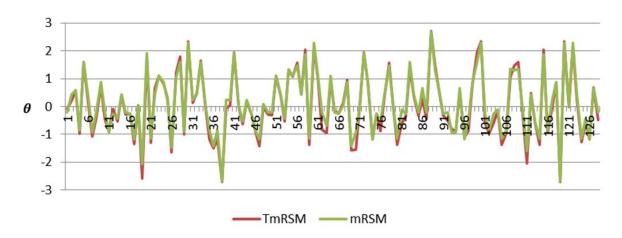


Рисунок 32. График оценок компетенций студентов

Абсолютная максимальная разница в оценках составила 0,6 логита, средняя разница — 0,13 логита, наибольшая разница проявляется на концах шкалы, при оценки θ в диапазоне (-1,5; + 1,5) логита разница не превышает среднюю. Корреляция оценок — 0,99. В подавляющем большинстве случаев разница в оценке не превышает среднюю ошибку вычисления. На рисунке 33 представлены графики информационных функций конструкта.

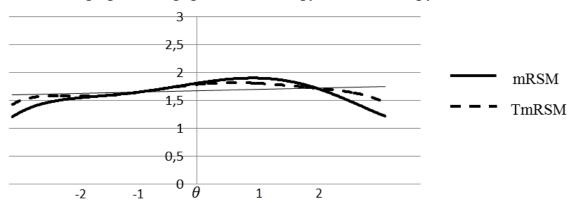


Рисунок 33. График информационных функций конструкта

Для обеих моделей информационные функции имеют один выраженный максимум, что говорит о хорошем качестве конструкта. Сравнивая точности измерения компетенций, можно отметить, что у mRSM наибольшая точность

достигается в диапазоне (примерно) $\theta \in (-0,5;+2)$ $\theta \in (-0,5;+2)$ $\theta \in (-0,5;+2)$ в диапазоне $\theta \in (-1,2;-0,5)$ точности равны, а по краям шкалы TmRSM показывает большую точность измерения. Однако данные различия не являются значительными, и в общем случае нельзя сделать однозначный вывод о том, какой модели следует отдать предпочтение. На рисунке 34 представлена карта Райта. Оценки большинства студентов находятся в диапазоне (-2; +2) логита, где по точности mRSM не уступает TmRSM.

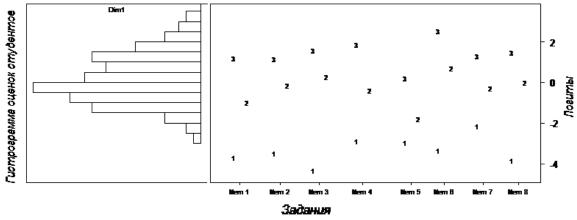


Рисунок 34. Карта Райта

Результаты расчётов и полученные выводы по остальным компетенциям ФГОС «Прикладная информатика», аналогичны приведённым для компетенции ПК-1 [52]. Проведенные расчеты показывают, что TmRSM в некоторых случаях более точно позволяет оценить компетенции, особенно у студентов с низким и/или высоким уровнем освоения компетенции, однако для студентов со освоения компетенции (а таких большинство) более средним уровнем является предпочтительной одномерная модель. Оценки компетенций студентов, полученные по mRSM и TmRSM, обладают очень высоким коэффициентом корреляции – минимальное значение 0,985 (по компетенции ПК-15), а абсолютная разница оценок в 96% случаев не превышает ошибку измерения. Разумеется, нельзя не списывать со счетов и размер выборки – расчеты, проведенные на имитационных данных, например, в работе [138], показывают, что с увеличением объема выборки расхождение в оценках параметров моделей растет. Но при небольшом и среднем размере выборки

применение одномерной модели не приводит к существенному ухудшению точности оценки. В совокупности с усложнением процедуры оценки (дополнительно требуется определение по каждому конструкту для экзаменационных заданий матрицы «влияющих» компетенций (Таблица 24)), и алгоритмов расчетов TmRSM, использование одномерной модели для практического применения следует считать допустимым.

4.6. Выводы по четвертой главе

Предложенная третьей главе методика прошла апробацию Байкальском Государственном Университете Экономики и Права на кафедре Кибернетики 230700 Информатики И ПО направлению «Прикладная информатика», профиль подготовки «Информационные системы и технологии в управлении», квалификация (степень) бакалавр. Были разработанные карты для каждой компетенции, определённой во ФГОС, проведено их исследование, получены оценки компетенций для студентов. Разработанные карты могут использоваться в дальнейшем для оценки компетенций новых студентов. Результаты статистического анализа показали хорошую согласованность исходных данных разработанной в диссертации модификации рейтинговой модели оценивания, и как следствие, хорошую применимость методики.

Рассмотрена точность измерения латентных факторов (компетенций). Показано, что ошибки, возникающие при измерении компетенции с использованием латентной модели экзаменационных оценок, минимальны и в полной мере соотносятся с теоретическими исследованиями.

На реальных данных проведено исследования влияния многомерности исходных данных на оценку при использовании одномерных моделей. Применение IRT-моделей требует выполнения ряда условий, одним из них является условие «одномерности». На практике выполнение этого условия крайне затруднительно, и оно зачастую опускается. Результаты показали, что, хотя введение в модель дополнительного параметра, учитывающего влияние

многомерности данных, в ряде случаев обеспечивает лучшую точность измерения, однако приводит к существенному увеличению сложности расчетов и усложняет интерпретацию результатов, а выигрыш в точности с практической точки зрения незначителен.

Заключение

Компетенции плотно вошли в современную жизнь. Рекрутинговые агентства, частные и государственные компании с помощью компетенций осуществляют поиск сотрудников, определяют их соответствие предъявляемым требованиям. Компетенции формируются в процессе обучения, а так как основным средством освоения «профессиональных» компетенций является высшее образование, то перед ВУЗами встает задача организации процесса освоения компетенции и их оценки.

Диссертация посвящена актуальной проблеме, связанной с внедрением компетентностного подхода в сферу высшего образования — оценке сформированности компетенций. В большинстве исследований компетенции представляются в виде латентных, напрямую не наблюдаемых, параметров человека, уровень развития которых обуславливает успешную деятельность в какой-либо сфере. Отличительной чертой освоения компетенций в ВУЗе является их междисциплинарный характер — каждая компетенция формируется в результате освоения нескольких дисциплин, существует взаимосвязь процесса формирования компетенций и ее оценки. Нельзя подходить к оценке компетенций формально, без анализа особенностей процесса формирования компетенций, в связи с чем основой данного исследования стал системный подход к пониманию особенностей формирования и оценки компетенций в ВУЗе. Выделим основные результаты исследования:

- 1. Выявлено два подхода к организации процесса оценки компетенции: 1) с использованием инновационные средств оценивания; 2) с использованием классических средств оценивания. Определенны их достоинства и недостатки, показано, что в рамках учебного процесса ВУЗа более оправдано использование классических средств.
- 2. Предложена модель процесса формирования компетенций в ВУЗе, которая формализуется в виде когнитивной карты карты компетенций.

Разработан новый метод на основе системного анализа и когнитивного моделирования для построения карты компетенции. Карта компетенции используется для анализа структуры учебного плана.

- 3. Предложен конструкт для оценки компетенций, состоящий из индикаторов оценочных средств промежуточного контроля. В этом случае карта компетенции однозначно определяет индикаторные задания зачеты, экзамены, курсовые и т.п. Проведенное в диссертации исследование позволяет сделать вывод, что оценочные средства промежуточной аттестации являются достаточными для проведения оценки компетенции.
- 4. Разработана новая параметрическая латентная модель экзаменационных оценок для оценки компетенции по первичным баллам результатам выполнения заданий промежуточного контроля.
- 5. Предложено использование ряда статистик (Q3, OUTFIT MEANSQ, OUTFIT ZSTD, INFIT MEANSQ, INFIT ZSTD) для проверки соответствия латентной модели экзаменационных оценок эмпирическим данным, а также сформулированы рекомендации по их применению.
- 6. Разработаны несколько видов представления оценки компетенции: в шкале логитов, ранговой рейтинговой шкале и уровневой лингвистической, а также процедуры построения и преобразования шкал.
- 7. Создан программный продукт СПКООП для оценки сформированности компетенций, проведения анализа полученных оценок, используемых индикаторных заданий, учебного плана и т.д., на основе разработанного математического и алгоритмического обеспечения.
- 8. Предложена методика проведения оценки компетенций, включающая в себя процедуры построения карт компетенций, оценки компетенций, оценки параметров заданий, их статистическую проверку и выработки на основе полученных оценок рекомендаций по улучшению учебных программ.
- 9. Предложенные в работе модели, методы, математическое и алгоритмическое обеспечение прошло апробацию в Байкальском

Государственном Университет Экономики и Права. Для апробации было взято направление подготовки 230700 «Прикладная информатика», профиль подготовки «Информационные системы и технологии в управлении», квалификация (степень) бакалавр. Успешно решены следующие задачи:

- а. Построены модели процесса освоения компетенций в рамках выбранного направления подготовки, определены параметры зачетных, экзаменационных, курсовых заданий.
- Проведен анализ заданий с использованием статистического b. анализа на реальных эмпирических данных. Результаты показали хорошую согласованность исходных данных с предложенной в работе латентной заданий. Выявлены несколько модели экзаменационных заданий с «плохими» характеристиками, выработаны рекомендации по улучшению учебного плана. Определены компетенций оценки студентов. Статистический анализ оценок показал хорошее соответствие оценок модели.
- с. Проведено исследование точности измерения компетенций с использованием предложенных латентной модели экзаменационных оценок и метода максимального правдоподобия. Результаты показывают, что предложенная методика оценки компетенции является эффективной и может быть использована на практике.
- d. Проведено исследование влияния многомерности исходных данных. Введение в модель ряда параметров для учета влияния многомерности в ряде случаев позволяет увеличить точность измерения, однако увеличение количества параметров существенно усложняет расчеты и процедуру проведения оценки. Выигрыш в точности с практической точки зрения несущественен.

Таким образом, можно отметить, что все поставленные в исследовании задачи в целом выполнены успешно.

Список сокращений и используемых обозначений

- АСУ Автоматизированная система управления
- ВПО Высшее профессиональное образование
- ВУЗ Высшее учебное заведение
- ЗУН Знания, умения, навыки
- ЛА Латентный анализ
- ЛСА Латентно-структурный анализ
- ООП Общеобразовательная программа
- ПО Программное обеспечение
- ПП Программный продукт
- ФГОС Федеральные государственные стандарты
- 1PL 1 Parametric Logistic Model (однопараметрическая модель Раша)
- 2PL 2 Parametric Logistic Model (двухпараметрическая модель Бирнбаума)
- 3PL 3 Parametric Logistic Model (трёхпараметричёская модель Бирнбаума)
- ICC Item characteristic curve (характеристическая кривая задания)
- IRT Item response theory (теория латентных переменных)
- LID local item dependence, анализ на локальную независимость
- PCM Partial Credit Model (модель «частичного» оценивания»)
- RSM Rating Scale Model (модель «рейтингового» оценивания»)

\overline{A} , \overline{B} — нечеткие числа

- D-множество предметных дисциплин учебного плана, d-элементы, предметы
- f()-функция какого-либо аргумента
- G множество компетенции, определенных ФГОС
- k-оценка за задание, K-максимальная оценка, количество пунктов шкалы
- L-количество шагов в задании
- Е-ожидаемый ответ студента согласно IRT модели

М-количество предметов

N-количество студентов

Р-функция вероятности

S-эксперты

U-универсальное множество, на котором определяется лингвистическая переменная

W-коэфициент Конкордации

у-оценка испытуемого на индикаторное задание

Z-матрица парных сравнений, z-элементы матрицы

ω-вес, весовой коэффициент

 $\mu_{\overline{A}}(\)$, $\mu(\)$ — функции принадлежности нечетких чисел

 θ –значение исследуемой латентной переменной, компетенции

δ-параметр задания

τ-параметр пункта шкалы

Список литературы

- 1. Аванесов В. С. Язык педагогических измерений [Электронный ресурс] / В.С. Аванесов. URL: http://testolog.narod.ru/Theory65.html.
- 2. Аванесов В. С. Item response theory: основные понятия и положения / В.С. Аванесов. [Электронный ресурс]. URL: http://testolog.narod.ru/Theory59.html.
- 3. Аванесов В.С. Основы научной организации педагогического контроля в высшей школе / Аванесов В.С. М.: Труды Исследовательского центра Гособразования СССР, 1989. 168 с.
- 4. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий / Аванесов В.С. М.: Центр тестирования, 2002. – 240 с.
- 5. Азарова Р.Н. Разработка паспорта компетенции: Методические рекомендации для организаторов проектных работ и профессорско-преподавательских коллективов вузов. Первая редакция / Р. Н. Азарова, Н. М. Золотарёва М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, 2010. 52 с.
- 6. Андреев А.Л. Компетентностная парадигма в образовании: опыт философско-методологического анализа / А. Л. Андреев // Педагогика 2005. 19-27
- 7. Анисимова Т.С. Сравнительный анализ модели Rasch и классической модели по точности оценивания Издательство МЭСИ, 2001. С.38-42
- 8. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении: Учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
- 9. Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения / Р. Аткинсон М.: Прогресс, 1980. 582 с.

- 10. Байденко В.И. Компетенции: к проблемам освоения компетентностного подхода / В.И. Байденко. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2002. 321 с.
- 11. Байденко В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы): Методическое пособие / В.И. Байденко. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. 114 с.
- 12. Байденко В.И. Болонский процесс: поиск общности Европейских систем высшего образования (проект TUNING) / В.И. Байденко. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. 211 с.
- 13. Байденко В.И. Россия в Болонском процессе: проблемы, задачи, перспективы / В.И. Байденко, Н. А. Гришанова, В. Ф. Пугач // Высш. образование сегодня 2005. № 5. С. 16-21
- 14. Бермус А.Г. Система качества профес- сионально-технического образовани / А. Г. Бермус Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2002. 220 с.
- 15. Беспалько В.П. Системно-методическое обеспечение учебновоспитательного процесса подготовки специалистов / В.П. Беспалько, Ю.Г. Татур. М.: Высшая школа, 1989. 143 с.
- 16. Богословский В.А. Предложения по дальнейшему развитию системы классификации и стандартизации высшего профессионального образования в России / В. А. Богословский М.: МАКС Пресс, 2005. 132 с.
- 17. Болотов В.А. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В. А. Болотов, В. В. Сериков // Педагогика 2003. № 10. С. 8-14
- 18. Братищенко В.В. Статистический анализ экзаменационных оценок / В.В. Братищенко // Baikal Research Journal URL: http://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=8014.

- 19. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Т. Р. Брахман М.: Радио и связь, 1984.
- 20. Васильев В.И. Основы теории управления и системного анализа / В. И. Васильев, Л. Г. Романов СПб.: изд-во СПбГТУ, 1997. 510 с.
- 21. Гусев А.Н. Дисперсионный анализ в экспериментальной психологии: Учеб. пособие для студентов факультетов психологии вузов / А. Н. Гусев М.: Учеб.-метод. коллектор "Психология," 2000. 136 с.
- 22. Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н. В. Дилигенский, Л. Г. Дымова, П. В. Севастьянов М.: Издательство Машиностроение, 2004. 397 с.
- 23. Дука Н.А. Карты компетенций в оценке результатов повышения квалификации педагога / Н. А. Дука, Т. О. Дука // Человек и образование -2013. № 4(37) С. 118-122.
- 24. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад М.: Радио и связь, 1990. 288 с.
- 25. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде М.: Мир, 1976. 165 с.
- 26. Зайцева Л.В. Контроль знаний обучаемых с помощью методов линейно-кусочной аппроксимации и вычисления оценок / Л. В. Зайцева, Л. П. Новицкий, Н. О. Прокофьева // Методы и средства кибирнетики в упр. учеб. проц. высш. шк. 1989. С. 39-48.
- 27. Зайцева Л.В. Модели и методы адаптивного контроля знаний / Л. В. Зайцева, Н. О. Прокофьева // Educ. Technol. Soc. 2004. № 7. С. 265-277.
- 28. Зимняя И.А. Ключевые компетенции новая парадигма результата образовани / И. А. Зимняя // Высшее образование сегодня 2003. № 5. С. 34-42.

- 29. Зимняя И.А. Ключевые компетенции новая парадигма результата образования / И. А. Зимняя // Высшее образование сегодня 2003. № 5. С. 34-42.
- 30. Зимняя И.А. Компетентностный подход. Каково его место в системе современных подходов к проблемам образования (теоретико-методологический аспект) / И. А. Зимняя // Высшее образование сегодня 2006. № 8. С. 20-26.
- 31. Ким В.С. Тестирование учебных достижений / В. С. Ким / под ред. Издательство УГПИ. Уссурийск, 2007.
- 32. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман / под ред. С.И. Травкин. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
- 33. Крысин Л.П. Толковый словарь иноязычных слов. 2-е изд., доп. / Л. П. Крысин М.: Рус. яз., 2000.
- 34. Курбанов Г.Д. Карта комптетенции дисциплины как инструмент организации учебного процесса// VI Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». URL: http://www.scienceforum.ru/2014/761/14.
- 35. Лазарсфельд П. Методологические проблемы социологии // Социология сегодня: Проблемы и перспективы / Сокр. пер. с англ.; Общ. ред. с предисл. Г.В. Осипова. / П. Лазарсфельд М.: Прогресс, 1965.
- 36. Левин В.И. Обобщённая операция над нечеткими множествами и принятие приближенных решений (тезисы доклада) / В. И. Левин // сб. «Искусственный интеллект. Материалы международной научно-технической конференции». Том 1. 2002.
- 37. Леднев В.С. Государственные образовательные стандарты в системе общего образования: теория и практика / В. С. Леднев, Н. Д. Никандров, М. В. Рыжаков М.: МПСИ, 2002. 384 с.
- 38. Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении: Учеб. Пособие. 2-е изд., испр. и доп. / Б. Г. Литвак М.: Дело, 2004. 400 с.

- 39. Магнус Я.Р. Эконометрика. Начальный курс / Я. Р. Магнус, П. К. Катышев, А. А. Пересецкий М.: Дело, 2007. 504 с.
- 40. Маслак А.А.Измерение латентных переменных в социально экономических системах. Монография / Маслак А.А. Славянск-на-Кубани: Изд.центр СГПИ, 2006.— 333 с.
- 41. Маслак А.А. Методика измерения латентных переменных расширение инструментария политэкономических исследований. URL: http://www.sgpi.ru/prepod/maslak/pdf/Expansion_of_Toolkit_for_Research_in_Political_Economy.pdf.
- 42. Нейман Ю.М. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов / Нейман Ю.М., Хлебников В.А. М.: Прометей, 2000.– 168 с.
- 43. Орлов А.И.Эконометрика. Учебник / А. И. Орлов М.: Издательство "Экзамен," 2002. 576 с.
- 44. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие / А. И. Орлов М., $2002.-640~\mathrm{c}.$
- 45. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч / А. И. Орлов М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 380 с.
- 46. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. 798c.
- 47. Пермяков О.Е. Диагностика формирования профессиональных компетенций / О. Е. Пермяков, С. В. Менькова М.: ФИРО, 2010. 114 с.
- 48. Редько Л.Л. Проектирование интегративного образовательного пространства педагогического вуза: монография / Л. Л. Редько, А. В. Шумакова, В. Г. Веселова Ставрополь: Изд-во СГПИ, 2010.
- 49. Родионов А.В. Использование латентно-структурного анализа при проверке пригодности индикаторных переменных для оценки общекультурных компетенций / А. В. Родионов // Применение математических методов и

- информационных технологий в науке, образовании и экономике сб. науч. тр. 2013. № 11. С. 103-109.
- 50. Родионов А.В. Модификация рейтинговой параметрической модели оценки латентных факторов для измерения уровня сформированности компетенций / А. В. Родионов // Известия Иркутской государственной экономической академии $2014. \mathbb{N} \cdot 6. \mathbb{C}. 168-174.$
- 51. Родионов А.В. Использование методов когнитивного моделирования для построения компетентностно-орентированного образовательного процесса / А. В. Родионов // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015. № 7-1. С. 19-24.
- 52. Родионов А.В. Исследование влияния многомерности данных на оценку компетенций с использованием IRT-моделей / А. В. Родионов // Фундаментальные исследования 2015. № 10. С. 299-304.
- 53. Родионов А.В. Применение IRT-моделей для анализа результатов обучения в рамках компетентностного подхода / А. В. Родионов, В. В. Братищенко // Современные проблемы науки и образования 2004. № 4.
- 54. Рубанов В.Г. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах. / В.Г. Рубанов URL: http://nrsu.bstu.ru/.
- 55. Рыжаков М.В. Ключевые компетенции в стандарте: возможности реализации / М. В. Рыжаков // Стандарты и мониторинг 1999. № 4. С. 20-23.
- 56. Рыжаков М.В.О возможности использования компетентностного подхода в реализации задач повышения качества образования. Материалы к заседанию Ученого совета ИОСО РАО / М. В. Рыжаков М., 1999.
- 57. Сахарова Н.С. Категории «компетентность» и «компетенция» в современной образовательной парадигме / Н. С. Сахарова // Вестник ОГУ 1999. № 3. С. 51-58.

- 58. Смородинова М.В. Многообразие подходов к определению понятий «компетентность» и «компетенция» Уфа: Лето, 2013. С. 16-18.
- 59. Спенсер-мл. Л.М. Компетенции на работе. Модели максимальной эффективности работы / Л. М. Спенсер-мл., С. М. Спенсер Перевод с англ., М.: Издательство ГИППО, 2010. 384 с.
- 60. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: Учеб. пособие / В. Н. Спицнадель СПб.: Изд. дом «Бизнесс-пресса», 2000. 326 с.
- 61. Субетто А.И. Онтология и эпистемология компетентностного подхода, классификация и квалиметрия компетенций / А. И. Субетто СПб. М.: Исследоват. центр проблем кач-ва под-ки спец-ов, 2006. 72 с.
- 62. Толстова Ю.Н. Одномерное шкалирование: тестовая традиция в социологии / Ю. Н. Толстова // Социология 1997. № 8. С. 54-65.
- 63. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции: учебное пособие / В. К. Федюкин М.: КНОРУС, 2013. 316 с.
- 64. Хлебников В.А. Характеристическая функция теста и ее существенные параметры в модели раша / Хлебников В.А. // Программные продукты и системы $2005. N \cdot 4. C. \cdot 40-45.$
- 65. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты. Стенограмма обсуждения доклада А. В. Хуторского в РАО// Интернет-журнал «Эйдос». [Электронный ресурс]. URL: http://www.eidos.ru/ioumal/2002/0423-1.htm.
- 66. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты. Доклад на отделении философии образования и теории педагогики РАО 23 апреля 2002. / А. В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос» 2002.
- 67. Хуторской А.В. Педагогический основания диагностики и оценки компетентностных результатов обучения / А. В. Хуторской // Известия Волгоградского государственного педагогического университета 2013. № 5.
- 68. Хьютсон А. Дисперсионный анализ / А. Хьютсон М.: Статистика, 1971.—88 с.

- 69. Челышкова М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие / Челышкова М.Б. М.: Логос, 2002. 432 с.
- 70. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой / Ю. И. Черняк М.: Экономика, 1975. 193 с.
- 71. Шленский О.Ф. К математическому выражению накопления информации и ее забывани / О. Ф. Шленский, Б. В. Бодэ // Вопросы психологии 1967. № 4. С. 180-182.
- 72. Янг С. Системное управление организацией. Пер. с англ. / С. Янг / под ред. С.П. Никанорова, С.А. Батасов. М.: Советское радио, 1972. 456 с.
- 73. Большой энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. URL: http://www.vedu.ru/bigencdic/57627/.
- 74. Формирование фонда оценочных средств в системе уровневого образования / Краснодар, 2010.
- 75. Ahmavaara Y. The mathematical theory of factorial invariance under selection / Y. Ahmavaara // Psychometrika 1954. T. 19 № 1. C. 27-38.
- 76. Akaike H. A new look at the statistical model identification / H. Akaike // IEEE Trans. Automat. Contr. 1974. T. 19(6). C. 716-723.
- 77. Andersen E.B. A goodness of fit test for the rasch model / E. B. Andersen // Psychometrika 1973. T. $38 N_{\odot} 1$. C. 123-140.
- 78. Anderson T.W. Multiple discoveries: Distribution of roots of determinantal equations / T. W. Anderson // J. Stat. Plan. Inference − 2007. − T. 137 − № 11. − C. 3240-3248.
- 79. Andrich D. An extension of the rasch model for ratings providing both location and dispersion parameters / D. Andrich // Psychometrika 1982. T. 47 No 1. C. 105-113.
- 80. Andrich D.Rasch Models for Measurement / D. Andrich Newbury Park, CA: Sage, 1988.
- 81. Andrich D. Rasch models / D. Andrich // Int. Encycl. Educ. 2010. 111.– 122 c.

- 82. Axelrod R. The Analysis of Cognitive Maps, 1976. C. 55-76.
- 83. Axelrod R.The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites / R. Axelrod Princeton: University Press, 1976.
- 84. Ayala R.J. DeThe Theory and Practice of Item Response Theory / R. J. De Ayala Guilford Press, 2009. 448 c.
- 85. Baker F.B.The Basics of Item Response Theory / F. B. Baker . $-2001.-180\ c.$
- 86. Bamber D. How many parameters can a model have and still be testable? // J. Math. Psychol. 1985. T. 29. № 4. C. 443-473.
- 87. Barrett G. V A reconsideration of testing for competence rather than for intelligence. / G. V Barrett, R. L. Depinet // Am. Psychol. 1991. T. 46 № 10. C. 1012-1024.
- 88. Birnbaum A. Some latent trait models and their use in inferring an examinee's ability. Reading MA: Addison-Wesley.itle, 1968. C. 397-472.
- 89. Birnbaum A. Some latent trait models and their use in inferring an examinee's ability / A. Birnbaum // Read. MA Addison-Wesley.itle 1968. C. 397-472.
- 90. Bolt D.M. A comparison of alternative models for testlets / D. M. Bolt, Y. Li, J. Fu // Appl. Psychol. Meas. 2006. T. 30. C. 3-21.
- 91. Bradlow E.T. A Bayesian random effects model for testlets / E. T. Bradlow, H. Wainer, X. Wang // Psychometrika 1999. T. 64. C. 153-168.
- 92. Darrell Bock R. Estimating item parameters and latent ability when responses are scored in two or more nominal categories / R. Darrell Bock // Psychometrika 1972. T. 37 No. 1. C. 29-51.
- 93. Fossati A. A latent structure analysis of Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition, Narcissistic Personality Disorder criteria / A. Fossati, T. P. Beauchaine, F. Grazioli, I. Carretta, F. Cortinovis, C. Maffei // Compr. Psychiatry -2005. -T. 46 No 5. -C. 361-367.

- 94. Glas C.A.W. Extensions of the partial credit model / C. A. W. Glas, N. D. Verhelst // Psychometrika 1989. T. 54 № 4. C. 635-659.
- 95. Goodman L.A. Latent class analysis: The empirical study of latent types, latent variables, and latent structures, 2002. C. 1-18.
- 96. Hambleton R.K. Fundamentals of item response theory / R. K. Hambleton, H. Swaminathan, H. J. Rogers 1991. 289 c.
- 97. Hardouin J.B. Rasch analysis: Estimation and tests with raschtest / J. B. Hardouin // Stata J. -2007. T. 7 N1. C. 22-44.
- 98. Harvey R.J. Item Response Theory / R. J. Harvey, A. L. Hammer // Couns. Psychol. 1999. T. 27 № 3. C. 353-383.
- 99. Hymes D. On communicative competence / D. Hymes // Sociolinguistics 1972. T. 269293. C. 269-293.
- 100. Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators / B. Kosko // IEEE Trans. Comput. 1994. T. 43 № 11. C. 1329-1333.
- 101. Kullback S. On information and sufficiency / S. Kullback, R. A. Leibler // Ann. Math. Stat. 1951. T. 22 № 1. C. 79-86.
- 102. Linacre J.M. Sample size and item calibrations stability / J. M. Linacre // Rasch Meas. Trans. -1994. N $_{2}$ 7. 328 c.
- 103. Linacre J.M. Understanding Rasch measurement: estimation methods for Rasch measures. / J. M. Linacre // J. Outcome Meas. -1999. T. 3 N = 4 C. 382-405.
- 104. Linacre J.M. Rasch Model Estimation: Further Topics / J. M. Linacre // J. Appl. Meas. 2004. T. 5 № 1. C. 95-110.
- 105. Linacre J.M. The structure and stability of the Functional Independence Measure. / J. M. Linacre, A. W. Heinemann, B. D. Wright, C. V Granger, B. B. Hamilton // Arch. Phys. Med. Rehabil. − 1994. − T. 75 − № 2. − C. 127-132.
- 106. Linden W.J. Van Der Author 's personal copy Item Response Theory Author 's personal copy / W. J. Van Der Linden, C. T. B. Mcgraw-hill 2010. T. 4. C. 81-88.

- 107. Liu Y. Local Dependence Diagnostics in IRT Modeling of Binary Data / Y. Liu, a. Maydeu-Olivares // Educ. Psychol. Meas. 2012.
- 108. Lopreato J. General System Theory: Foundations, Development, Applications. // Am. Sociol. Rev. − 1970. − T. 35. − № 3. − 543c.
- 109. Masters G.N. A Rasch model for partial credit scoring / G. N. Masters // Psychometrika 1982. T. 47, No2 № June. C. 149-174.
- 110. McClelland D.C. Testing for competence rather than for "intelligence". / D. C. McClelland // Am. Psychol. 1973. T. 28 № 1. C. 1-14.
- 111. McKinley R.L. A Comparison of Several Goodness-of-Fit Statistics // Appl. Psychol. Meas. − 1985. − T. 9. − № 1. − C. 49-57.
- 112. Muñiz J. Handbook of Modern Item Response Theory // Eur. J. Psychol. Assess. 2008. T. 14. № 1. C. 91-93.
- 113. Muraki E. A Generalized Partial Credit Model: Application of an EM Algorithm / E. Muraki // Appl. Psychol. Meas. 1992. T. 16 № 2. 159 c.
- 114. R Development Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing // R Found. Stat. Comput. Vienna Austria. 2013. T. 0. {ISBN} 3–900051–07–0c.
- 115. Reise S.P. A Comparison of Item- and Person-Fit Methods of Assessing Model-Data Fit in IRT // Appl. Psychol. Meas. -1990. T. 14. No. 2. C. 127-137.
- 116. Samejima F. Normal ogive model on the continuous response level in the multidimensional latent space / F. Samejima // Psychometrika 1974. T. 39. C. 111-121.
 - 117. Samejima F. Graded Response Model, 1997. C. 85-100.
- 118. Samejima F. General Graded Response Model / F. Samejima // Annu. Meet. Natl. Counc. Meas. Educ. 1999. C. 1-28.
- 119. Schwarz H. Estimating the dimension of a model / H. Schwarz // Ann. Stat. 1978. T. 6. C. 461-464.

- 120. Seungho Yang M.A. A comparison of unidimensional and multidimensional rasch models using parameter estimates and fit indices when assumption of unidimensionality is violated / M. A. Seungho Yang 2007.
- 121. Smith R.M. Person fit in the Rasch model / R. M. Smith // Educ. Psychol. Meas. -1986. No 46. C. 359-372.
- 122. Smith R.M. Using item mean squares to evaluate fit to the Rasch model. / R. M. Smith, R. E. Schumacker, M. J. Bush // J. Outcome Meas. − 1998. − T. 2 − № 1. − C. 66-78.
- 123. Stone C.A. Monte Carlo based null distribution for an alternative goodness-of-fit test statistic in IRT models / C. A. Stone // J. Educ. Meas. -2000. T. $37 N_{\odot} 1$. C. 58-75.
- 124. Walo Hutmacher Key competencies for Europe. Report of the Symposium Berne / Walo Hutmacher // Second. Educ. Eur. Strsbg. 1997.
- 125. Wang W.-C. Item Parameter Recovery, Standard Error Estimates, and Fit Statistics of the Winsteps Program for the Family of Rasch Models // Educ. Psychol. Meas. -2005. T. 65. No 3. C. 376-404.
- 126. Wang W.-C. The Rasch Testlet Model // Appl. Psychol. Meas. 2005. T. 29. № 2. C. 126-149.
- 127. Wang X. A general Bayesian model for testlets: Theory and Applications / X. Wang, E. T. Bradlow, H. Wainer // Appl. Psychol. Meas. 2002. T. 26. C. 109-128.
- 128. Whiddett S. The Competencies Handbook / S. Whiddett, S. Holliforde 2006.– 160 c.
- 129. Wilson E.B. The distribution of chi-squared [Электронный ресурс]. URL: http://www.pnas.org/content/17/12/684.full.pdf+html.
- 130. Wilson M. The partial credit model and null categories / M. Wilson, G. N. Masters // Psychometrika 1993. T. 58 N = 1. C. 87-99.
- 131. Wright B.D. Solving Measurement Problems With the Rasch Model / B. D. Wright // J. Educ. Meas. -1977. T. 14 N = 2. C. 97-116.

- 132. Wright B.D. Reasonable mean-square fit values / B. D. Wright, J. M. Linacre, J.-E. Gustafson, P. Martin-Lof // Rasch Meas. Trans. 1994. T. 8 № 3. 370 c.
- 133. Wright B.D. BICAL: Calibrating items and scales with the Rasch model (Research Memorandum No. 23A) / B. D. Wright, R. J. Mead 1977.
- 134. Wright B.D. A procedure for sample-free item analysis / B. D. Wright, N. Panchapakesan // Educ. Psychol. Meas. 1969. № 29. C. 23-48.
- 135. Wright B.D. Best test design: Rasch measurement / B. D. Wright, M. H. Stone Chicago, Illinois: MESA Press. 1979.
- 136. Yen W.M. Using simulation results to choose a latent trait model / W. M. Yen // Appl. Psychol. Meas. 1981. № 5. C. 245-262.
- 137. Yen W.M. Effects of Local Item Dependence on the Fit and Equating Performance of the Three-Parameter Logistic Model // Appl. Psychol. Meas. -1984. -T. 8. -N 0 0. -C. 125-145.
- 138. Zhang O. Polytomous irt or testlet model: an evaluation of scoring models in small testlet size situations [Электронный ресурс]. URL: http://ufdc.ufl.edu/UFE0042638/00001.

Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Описание работы с программным продуктом

Работа с программным продуктом включает в себя несколько этапов. На первом этапе необходимо заполнить базу данных начальными данными. Соответствующий функционал входит в меню «Направления подготовки» и позволяет добавлять, удалять и редактировать информацию о направлениях подготовки, компетенциях и предметах. На первом шаге создается направление подготовки. Для этого необходимо выполнить команду «Направления подготовки/добавить». Возможен как ручной ввод текста, так и экспорт из информационной системы университета.

В случае успешного выполнения направление подготовки появится в меню ниже пункта «добавить». Для каждого направления формируется функциональное подменю (см. рисунок 35). В связи с тем, что учебный план может меняться по годам, для каждого учебного года создается отдельное функциональное подменю, таким образом, для каждого года может быть сформирован свой набор компетенций и учебных дисциплин.

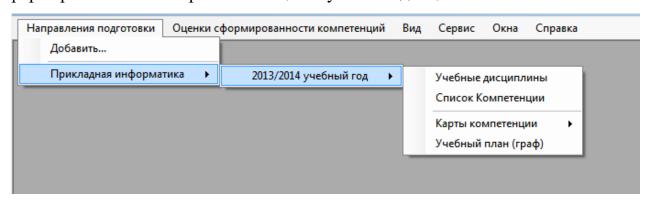


Рисунок 35. Функциональное подменю направления подготовки

Пункт «Список компетенций» позволяет сформировать список компетенций, которые должны быть сформированы по результатам обучения

студентов. Заполненный список для направления «Прикладная информатика» представлен на рисунке 36.

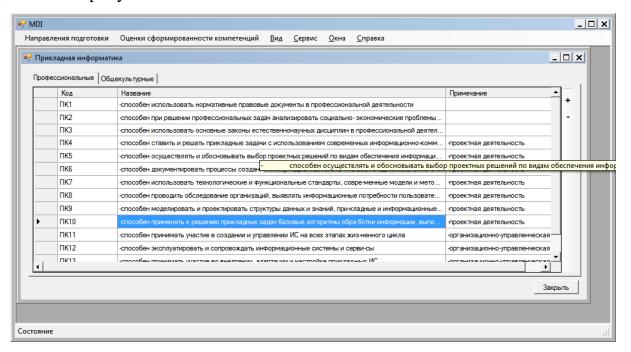


Рисунок 36. Список компетенций

Пункт меню «Учебные дисциплины» содержит список дисциплин, которые будут изучать студенты при освоении направления подготовки. Заполненный список для направления «Прикладная информатика» представлен на рисунке 37.

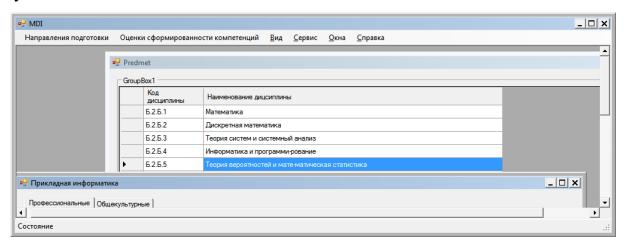


Рисунок 37. Список учебных дисциплин

На втором этапе происходит выполнение необходимых расчетов: построение карты компетенций, оценка параметров моделей, проводиться статистический анализ. Функционал структурно входит в меню «Направления

подготовки» и «Оценки сформированности компетенций». Подменю «Карты компетенции» меню «Направления подготовки» включает в себя два пункта: «Просмотр» и «Создать». «Просмотр» запускает оконную форму, в которой содержится список созданных карт компетенций, и детальная информация по каждой из них (см. рисунок 38). Просмотр доступен в виде таблицы и графа (есть возможность сохранения информации в форматах MS Word, MS Excel и PDF).

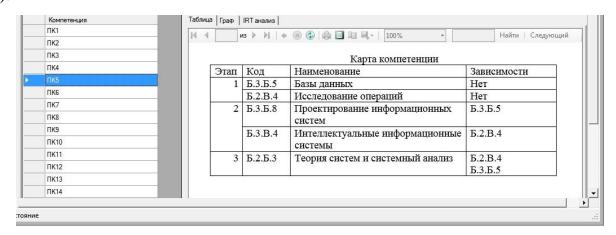


Рисунок 38. Просмотр карты компетенций

Пункт меню «Создать» запускает мастер создания карты компетенции. На первом шаге мастер предложить создать новую карту компетенций, либо продолжить работу с сохранным черновиком. На втором шаге выбирается компетенция, для которой создается карта, и указывается начальный набор дисциплин. В результате на третьем шаге программа создает опросный лист для экспертов. После проведения процедуры опроса, результаты (в формате Ecxel) вводятся в программу, происходит расчет согласованности мнений экспертов. В случае, если мнения согласованны, можно перейти к четвертому шагу, на котором выбирается модель оценивания, и, если есть данные для обработки (оценки студентов за прошлые периоды обучения по выбранным дисциплинам), осуществляется расчет параметров и статистик. Шаги три и четыре допустимо менять местами: т.е. сначала провести процедуру оценки параметров и расчет статистик, а потом провести опрос экспертов о последовательность изучения выбранных дисциплин. На пятом шаге программа выводит итоговый результат:

карту компетенций в виде таблицы и графа, оценки параметров заданий, значения статистик (если оценка параметров выполнялась).

После этого карту компетенции можно сохранить и использовать в дальнейшем для оценки компетенции. Если на каком-то этапе возникла временная пауза, мастер можно закрыть с сохранением результатов и продолжить работу потом с того шага, на котором мастер был закрыт. Оценка параметров модели осуществляется с помощью метода максимального осуществляется правдоподобия. Анализ ПО следующим моделям 1PL (однопараметрическая для дихотомических заданий), PCM, RSM и mRSM (для политомических задания). Для основных математических расчетов модуль строит скрипты в R формате, выполняет их на интерпретаторе R-скриптов, и заносит результаты расчетов в базу данных.

В дальнейшем для просмотра оценок компетенций студентов служит пункт меню «Оценки сформированности компетенций/По направлениям подготовки». Оконная форма предоставляет информацию в виде отчетов в разрезах «по компетенциям» / «группы студентов» (см. рисунок 39).

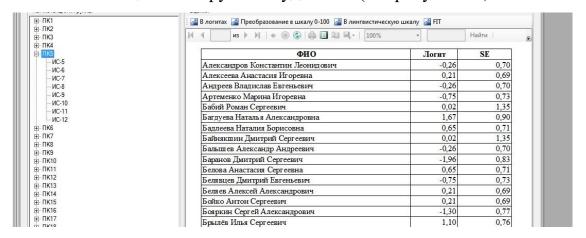


Рисунок 39. Просмотр информации об оценках компетенции Создается четыре вида отчетов:

- 1. Оценка в логитах.
- 2. Оценка в шкале 0-100. Преобразование оценок в логитах в шкалу 0-100 линейным преобразованием.

- 3. Оценка в лингвистической шкале. Преобразование оценок в логитах в лингвистическую шкалу.
- 4. Fit-анализ. Выводит информацию о значения fit-статистик для студентов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Список компетенций

Общекультурные компетенции (ОК):

- способен использовать, обобщать и анализировать информацию, ставить цели и находить пути их достижения в условиях формирования и развития информационного общества (ОК-1);
- способен логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, владеть навыками ведения дискуссии и полемики (ОК-2);
- способен работать в коллективе, нести ответственность за поддержание партнерских, доверительных отношений (ОК-3);
- способен находить организационно-управленческие решения и готов нести за них ответственность (ОК-4);
- способен самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, стремится к саморазвитию (ОК-5);
- способен осознавать социальную значимость своей будущей профессии,
 обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК-6);
- способен понимать сущность и проблемы развития современного информационного общества (ОК-7);
- способен работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (ОК-8);
- способен свободно пользоваться русским языком и одним из иностранных языков на уровне, необходимом для выполнения профессиональных задач (ОК-9);

- способен использовать методы и средства для укрепления здоровья и обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-10);
- способен уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям, толерантно воспринимать социальные и культурные различия (ОК-11);
- способен использовать Гражданский кодекс Российской Федерации,
 правовые и моральные нормы в социальном взаимодействии и реализации гражданской ответственности (ОК-12);
- способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-13);
- способен применять основные методы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, технику безопасности на производстве (ОК-14).
 Профессиональные компетенции:
- способен использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ПК-1);
- способен при решении профессиональных задач анализировать социально- экономические проблемы и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования (ПК-2);
- способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин
 в профессиональной деятельности и эксплуатировать современное
 электронное оборудование и информационно-коммуникационные
 технологии в соответствии с целями образовательной программы
 бакалавра (ПК-3);

- способен ставить и решать прикладные задачи с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ПК-4);
- способен осуществлять и обосновывать выбор проектных решений по видам обеспечения информационных систем (ПК-5);
- способен документировать процессы создания информационных систем
 на всех стадиях жизненного цикла (ПК-6);
- способен использовать технологические и функциональные стандарты,
 современные модели и методы оценки качества и надежности при проектировании, конструировании и отладке программных средств (ПК-7);
- способен проводить обследование организаций, выявлять информационные потребности пользователей, формировать требования к информационной системе, участвовать в реинжиниринге прикладных и информационных процессов (ПК-8);
- способен моделировать и проектировать структуры данных и знаний,
 прикладные и информационные процессы (ПК-9);
- способен применять к решению прикладных задач базовые алгоритмы обработки информации, выполнять оценку сложности алгоритмов, программировать и тестировать программы (ПК-10);
- организационно-управленческая и производственно-технологическая деятельность:
- способен принимать участие в создании и управлении ИС на всех этапах жизненного цикла (ПК-11);
- способен эксплуатировать и сопровождать информационные системы и сервисы (ПК - 12);
- способен принимать участие во внедрении, адаптации и настройке прикладных ИС (ПК-13);

- способен принимать участие в реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп, презентовать результаты проектов и обучать пользователей ИС (ПК-14);
- способен проводить оценку экономических затрат на проекты по информатизации и автоматизации решения прикладных задач (ПК-15);
- способен оценивать и выбирать современные операционные среды и информационно- коммуникационные технологии для информатизации и автоматизации решения прикладных задач и создания ИС (ПК-16);
- способен применять методы анализа прикладной области на концептуальном, логическом, математическом и алгоритмическом уровнях (ПК-17);
- способен анализировать и выбирать методы и средства обеспечения информационной безопасности (ПК-18);
- способен анализировать рынок программно-технических средств, информационных продуктов и услуг для решения прикладных задач, и создания информационных систем (ПК-19);
- способен выбирать необходимые для организации информационные ресурсы и источники знаний в электронной среде (ПК-20);
- способен применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач (ПК-21);
- способен готовить обзоры научной литературы и электронных информационно-образовательных ресурсов для профессиональной деятельности (ПК-22).

приложение 3

Список изучаемых предметов

Код дисциплины	Наименование циклов, разделов ООП, модулей, дисциплин, практик
Б.1.	Гуманитарный, социальный и экономический цикл
Б.1.Б	Базовая часть
Б.1.Б.1	Иностранный язык
Б.1.Б.2	История
Б.1.Б.3	Философия
Б.1.Б.4	Экономическая теория
Б.1.В	Вариативная часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента
Б.1.В.1	Правоведение
Б.1.В.2	Экономика и организация предприятия
Б.1.В.3	Информационное право
Б.1.В.4	1С Предприятие
Б.1.ДВ	Дисциплины по выбору студента
Б.1.ДВ.1.1	Социология
Б.1.ДВ.1.2	Психология
Б.1.ДВ.2.1	Статистика
Б.1.ДВ.2.2	Анализ временных рядов
Б.1.ДВ.3.1	Бухгалтерский учет и экономический анализ
Б.1.ДВ.3.2	Финансовый менеджмент
Б.1.ДВ.4.1	Менеджмент
Б.1.ДВ.4.2	Основы организации малого бизнеса
Б.1.ДВ.5.1	Маркетинг
Б.1.ДВ.5.2	Основы конфигурирования ИС
Б.2.	Математический и естественнонаучный цикл
Б.2.Б	Базовая часть
Б.2.Б.1	Математика
Б.2.Б.2	Дискретная математика
Б.2.Б.3	Теория систем и системный анализ
Б.2.Б.4	Информатика и программирование
Б.2.Б.5	Теория вероятностей и математическая статистика
Б.2.Б.6	Физика
Б.2.Б.7	Безопасность жизнедеятельности
Б.2.В	Вариативная часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента
Б.2.В.1	Имитационное моделирование
Б.2.В.2	Математическая экономика
Б.2.В.3	Эконометрика
Б.2.В.4	Исследование операций
Б.2.ДВ	Дисциплины по выбору студента
Б.2.ДВ.1.1	Модели и методы прогнозирования
Б.2.ДВ.1.2	Моделирование экономической динамики
Б.2.ДВ.2.1	Мультимедиа технологии

Б 2 ПВ 2 2	VOMILIATIONING FROMILIO			
Б.2.ДВ.2.2	Компьютерная графика Основы бизнеса			
Б.2.ДВ.3.1	Рынок ценных бумаг			
Б.2.ДВ.3.2 Б.2.ДВ.4.1	·			
	Численные методы			
Б.2.ДВ.4.2	Лингвистическое обеспечение информационных систем			
Б.2.ДВ.5.1	Дифференциальные и разностные уравнения			
Б.2.ДВ.5.1	Вычислительная математика			
Б.3.	Профессиональный цикл			
Б.3.Б	Базовая (общепрофессиональная) часть			
Б.3.Б.1	Программная инженерия			
Б.3.Б.2	Вычислительные системы, сети и телекоммуникации			
Б.3.Б.3	Операционные системы			
Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии			
Б.3.Б.5	Базы данных			
Б.3.Б.6	Информационная безопасность			
Б.3.Б.7	Проектный практикум			
Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем			
Б.3.В	Вариативная (профильная) часть, в т.ч. дисциплины по выбору			
F 2 D 1	студента			
Б.3.В.1				
Б.3.В.2	Разработка распределенных программных систем			
Б.3.В.3	Сетевая экономика			
Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы			
Б.3.В.5	7 1 1			
Б.3.В.6	Предметно-ориентированные информационные системы			
Б.3.В.7	Управление информационными системами			
Б.3.В.8	Риск-менеджмент			
Б.3.В.9	Защита информации в банках			
Б.3.В.10	Методы исследования и моделирование национальной экономики			
Б.3.В.11	Междисциплинарная курсовая работа "Разработка			
F 2 D 12	информационных технологий"			
Б.3.В.12	Междисциплинарная курсовая работа "Автоматизация			
E 2 HD	управления"			
Б.3.ДВ	Дисциплины по выбору студента			
Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы			
Б.3.ДВ.1.2	Налогообложение			
Б.3.ДВ.2.1	Основы алгоритмизации			
Б.3.ДВ.2.2	Алгоритмы и структуры данных			
Б.3.ДВ.3.1	Управление информационными ресурсами			
Б.3.ДВ.3.2	Мировые информационные ресурсы			
Б.3.ДВ.4.1	Основы организации цифровых систем обработки информации			
Б.3.ДВ.4.2	Компьютерные сети			
5.4.	Физическая культура			
5.5.	Учебная и производственная практики			
Б.5.1	Учебная практика			
Б.5.2	Производственная практика			
Б.5.3	НИР			
Б.6.	Итоговая государственная аттестация			

Карты компетенций

ПК-2. Способен при решении профессиональных задач анализировать социально-экономические проблемы и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии
	Б.1.ДВ.2.1	Статистика
	Б.1.ДВ.2.2	Анализ временных рядов
2	Б.3.Б.5	Базы данных
	Б.3.Б.6	Информационная безопасность
3	Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Автоматизированные_банковские_системы	-0,44	0,16
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	-1,79	0,25
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	0,23	0,24
Анализ_временных_рядов	-2,64	0,15
Анализ_временных_рядов_Р1	-7,69	0,29
Анализ_временных_рядов_Р2	3,89	0,23
Базы_данных	-1,03	0,15
Базы_данных_Р1	-3,33	0,24
Базы_данных_Р2	0,61	0,18
Информационная_безопасность	-1,30	0,14
Информационная_безопасность_Р1	-4,45	0,26
Информационная_безопасность_Р2	1,82	0,20
Информационные_системы_и_технологии	-3,24	0,68
Информационные_системы_и_технологии_Р1	-6,82	1,15
Информационные_системы_и_технологии_Р2	1,70	0,76
Статистика	-3,02	0,14
Статистика_Р1	-6,90	0,24
Статистика_Р2	2,64	0,18

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Автоматизированные_банковские_системы	-2,35	-0,30	1,32
Анализ_временных_рядов	-10,34	0,74	1,66
Базы_данных	-4,38	-0,50	1,79
Информационная_безопасность	-5,75	0,23	1,62
Информационные_системы_и_технологии	-10,06	-1,57	1,91
Статистика	-9,92	-0,54	1,40

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Статистика	Анализ_временных_рядов	-0,35
Статистика	Информационные_системы_и_технол огии	0,06
Статистика	Базы_данных	-0,16
Статистика	Информационная_безопасность	-0,09
Статистика	Автоматизированные_банковские_си стемы	-0,39
Анализ_временных_рядов	Информационные_системы_и_технол огии	NaN
Анализ_временных_рядов	Базы_данных	-0,07
Анализ_временных_рядов	Информационная_безопасность	-0,13
Анализ_временных_рядов	Автоматизированные_банковские_си стемы	-0,13
Информационные_системы_и_технологи и	Базы_данных	-0,13
Информационные_системы_и_технологи и	Информационная_безопасность	-0,59
Информационные_системы_и_технологи и	Автоматизированные_банковские_си стемы	NaN
Базы_данных	Информационная_безопасность	-0,24
Базы_данных	Автоматизированные_банковские_си стемы	0,02
Информационная_безопасность	Автоматизированные_банковские_си стемы	-0,37

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Автоматизированные_банковские_системы	1,10	0,62	1,09	0,64

Автоматизированные_банковские_системы_Р1	1,00	0,02	1,00	0,01
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	1,05	0,30	1,02	0,20
Анализ_временных_рядов	0,92	-0,23	0,97	-0,21
Анализ_временных_рядов_Р1	0,81	0,03	0,97	-0,17
Анализ_временных_рядов_Р2	0,98	0,00	1,01	0,11
Базы_данных	0,86	-1,19	0,86	-1,26
Базы_данных_Р1	0,81	-0,84	0,90	-0,69
Базы_данных_Р2	0,94	-0,50	0,97	-0,65
Информационная_безопасность	1,04	0,28	1,03	0,24
Информационная_безопасность_Р1	1,01	0,09	0,97	-0,21
Информационная_безопасность_Р2	1,00	0,02	1,01	0,13
Информационные_системы_и_технологии	0,90	-0,12	0,91	-0,11
Информационные_системы_и_технологии_Р1	0,60	0,30	0,89	-0,01
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,97	-0,05	0,98	-0,04
Статистика	1,15	1,01	1,10	0,92
Статистика_Р1	1,26	0,53	1,00	0,01
Статистика_Р2	0,97	-0,29	0,98	-0,32

ПК-3. Способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности и эксплуатировать современное электронное оборудование и информационно-коммуникационные технологии в соответствии с целями образовательной программы бакалавра

Этап	Код	Наименование
1	Б.2.Б.1	Математика
1	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии
	Б.2.Б.4	Информатика и программирование
2	Б.3.ДВ.4.	
2	2	Вычислительные системы сети и телекоммуникации
	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии
3	Б.2.В.2	Математическая экономика
3	Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Базы_данных	-0,92	0,17

Базы_данных_Р1	-4,22	0,27
Базы_данных_Р2	0,56	0,19
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации	-2,30	0,37
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации_Р1	-4,04	0,52
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации_Р2	0,64	0,45
Интеллектуальные_информационные_системы	-2,23	0,18
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	-2,43	0,24
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	-0,34	0,21
Информатика_и_программирование	-0,65	0,16
Информатика_и_программирование_Р1	-4,59	0,26
Информатика_и_программирование_Р2	1,77	0,21
Информационные_системы_и_технологии	-0,40	0,28
Информационные_системы_и_технологии_Р1	-2,88	0,40
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,29	0,40
Математика	-0,81	0,15
Математика_Р1	-4,29	0,24
Математика_Р2	0,95	0,18
Математическая_экономика	-0,58	0,16
Математическая_экономика_Р1	-3,77	0,26
Математическая_экономика_Р2	1,12	0,22

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Базы_данных	-5,15	-0,40	2,77
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации	-6,35	-1,71	1,15
Интеллектуальные_информационные_системы	-4,77	-2,51	0,58
Информатика_и_программирование	-5,24	0,88	2,42
Информационные_системы_и_технологии	-3,32	-0,16	2,28
Математика	-5,11	0,06	2,60
Математическая_экономика	-4,36	0,38	2,23

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Информатика_и_программирование	Интеллектуальные_информационные _системы	-0,47

Информатика_и_программирование	Информационные_системы_и_технол огии	0,04
Математика	Базы_данных	-0,44
Вычислительные_системысети_и_телек оммуникации	Базы_данных	-0,01
Математика	Информационные_системы_и_технол огии	-0,39
Математика	Информатика_и_программирование	-0,06
Информационные_системы_и_технологи и	Базы_данных	-0,34
Информатика_и_программирование	Математическая_экономика	-0,33
Информатика_и_программирование	Базы_данных	-0,10
Базы_данных	Интеллектуальные_информационные _системы	-0,11
Математика	Вычислительные_системысети_и_т елекоммуникации	-0,29
Математика	Математическая_экономика	-0,14
Математическая_экономика	Интеллектуальные_информационные _системы	-0,15
Информатика_и_программирование	Вычислительные_системысети_и_т елекоммуникации	-0,16
Математическая_экономика	Базы_данных	-0,18
Вычислительные_системысети_и_телек оммуникации	Информационные_системы_и_технол огии	-0,24
Математика	Интеллектуальные_информационные _системы	-0,23
Математическая_экономика	Вычислительные_системысети_и_т елекоммуникации	NaN
Математическая_экономика	Информационные_системы_и_технол огии	NaN
Вычислительные_системысети_и_телек оммуникации	Интеллектуальные_информационные _системы	NaN
Информационные_системы_и_технологи и	Интеллектуальные_информационные _системы	NaN

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Базы_данных	0,94	-0,43	0,95	-0,42
Базы_данных_Р1	1,29	0,82	1,09	0,56
Базы_данных_Р2	0,89	-0,58	0,93	-0,97
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника	0,79	-0,62	0,81	-0,73

ции				
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции_Р1	0,83	-0,16	0,93	-0,24
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции_Р2	0,74	-0,38	0,87	-0,77
Интеллектуальные_информационные_системы	1,06	0,29	1,08	0,59
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	1,14	0,59	1,14	1,13
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	1,05	0,26	1,07	0,94
Информатика_и_программирование	1,03	0,17	0,99	-0,04
Информатика_и_программирование_Р1	1,01	0,08	0,95	-0,29
Информатика_и_программирование_Р2	0,96	0,09	0,99	-0,09
Информационные_системы_и_технологии	0,79	-0,89	0,82	-0,83
Информационные_системы_и_технологии_Р1	0,70	-0,96	0,81	-0,96
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,89	0,72	0,99	-0,09
Математика	0,98	-0,13	0,94	-0,52
Математика_Р1	0,86	-0,42	0,91	-0,68
Математика_Р2	1,18	0,52	0,97	-0,45
Математическая_экономика	0,89	-0,66	0,89	-0,82
Математическая_экономика_Р1	0,85	-0,50	0,90	-0,64
Математическая_экономика_Р2	0,97	-0,02	0,99	-0,10

ПК-4. Способен ставить и решать прикладные задачи с использованием современных информационно-коммуникационных технологий

Этап	Код	Наименование
1	Б.2.Б.1	Математика
1	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии
	Б.2.Б.4	Информатика и программирование
2	Б.3.ДВ.4.	
2	2	Вычислительные системы сети и телекоммуникации
	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии
3	Б.2.В.2	Математическая экономика
3	Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Базы_данных	-0,92	0,17

Базы_данных_Р1	-4,22	0,27
Базы_данных_Р2	0,56	0,19
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации	-2,30	0,37
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации_Р1	-4,04	0,52
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации_Р2	0,64	0,45
Интеллектуальные_информационные_системы	-2,23	0,18
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	-2,43	0,24
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	-0,34	0,21
Информатика_и_программирование	-0,65	0,16
Информатика_и_программирование_Р1	-4,59	0,26
Информатика_и_программирование_Р2	1,77	0,21
Информационные_системы_и_технологии	-0,40	0,28
Информационные_системы_и_технологии_Р1	-2,88	0,40
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,29	0,40
Математика	-0,81	0,15
Математика_Р1	-4,29	0,24
Математика_Р2	0,95	0,18
Математическая_экономика	-0,58	0,16
Математическая_экономика_Р1	-3,77	0,26
Математическая_экономика_Р2	1,12	0,22

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Базы_данных	-5,15	-0,40	2,77
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации	-6,35	-1,71	1,15
Интеллектуальные_информационные_системы	-4,77	-2,51	0,58
Информатика_и_программирование	-5,24	0,88	2,42
Информационные_системы_и_технологии	-3,32	-0,16	2,28
Математика	-5,11	0,06	2,60
Математическая_экономика	-4,36	0,38	2,23

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Информатика_и_программирование	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,47

Информатика_и_программирование	Информационные_системы_и_техноло гии	
Математика	Базы_данных	-0,44
Вычислительные_системысети_и_телек оммуникации	Базы_данных	-0,01
Математика	Информационные_системы_и_техноло гии	-0,39
Математика	Информатика_и_программирование	-0,06
Информационные_системы_и_технологи и	Базы_данных	-0,34
Информатика_и_программирование	Математическая_экономика	-0,33
Информатика_и_программирование	Базы_данных	-0,10
Базы_данных	Интеллектуальные_информационные_с истемы	
Математика	Вычислительные_системысети_и_те лекоммуникации	-0,29
Математика	Математическая_экономика	-0,14
Математическая_экономика	Интеллектуальные_информационные_с истемы	
Информатика_и_программирование	Вычислительные_системысети_и_те лекоммуникации	-0,16
Математическая_экономика	Базы_данных	-0,18
Вычислительные_системысети_и_телек оммуникации	Информационные_системы_и_техноло гии	-0,24
Математика	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,23
Математическая_экономика	Вычислительные_системысети_и_те лекоммуникации	NaN
Математическая_экономика	Информационные_системы_и_техноло гии	NaN
Вычислительные_системысети_и_телек оммуникации	Интеллектуальные_информационные_с истемы	NaN
Информационные_системы_и_технологи и	Интеллектуальные_информационные_с истемы	NaN

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Базы_данных	0,94	-0,43	0,95	-0,42
Базы_данных_Р1	1,29	0,82	1,09	0,56
Базы_данных_Р2	0,89	-0,58	0,93	-0,97
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника	0,79	-0,62	0,81	-0,73

ции				
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции_Р1	0,83	-0,16	0,93	-0,24
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции_Р2	0,74	-0,38	0,87	-0,77
Интеллектуальные_информационные_системы	1,06	0,29	1,08	0,59
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	1,14	0,59	1,14	1,13
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	1,05	0,26	1,07	0,94
Информатика_и_программирование	1,03	0,17	0,99	-0,04
Информатика_и_программирование_Р1	1,01	0,08	0,95	-0,29
Информатика_и_программирование_Р2	0,96	0,09	0,99	-0,09
Информационные_системы_и_технологии	0,79	-0,89	0,82	-0,83
Информационные_системы_и_технологии_Р1	0,70	-0,96	0,81	-0,96
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,89	0,72	0,99	-0,09
Математика	0,98	-0,13	0,94	-0,52
Математика_Р1	0,86	-0,42	0,91	-0,68
Математика_Р2	1,18	0,52	0,97	-0,45
Математическая_экономика	0,89	-0,66	0,89	-0,82
Математическая_экономика_Р1	0,85	-0,50	0,90	-0,64
Математическая_экономика_Р2	0,97	-0,02	0,99	-0,10

ПК-5. Способен осуществлять и обосновывать выбор проектных решений по видам обеспечения информационных систем

Этап	Код	Наименование
	Б.2.В.4	Исследование операций
1	Б.3.Б.5	Базы данных
	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем
2	Б.2.ДВ.1.1	Модели и методы прогнозирования
	Б.3.В.3	Сетевая экономика
	Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы
3	Б.2.Б.3	Теория систем и системный анализ

Задание	Оценка	Ошибка
Базы_данных	-1,39	0,17
Базы_данных_Р1	-4,46	0,28

Базы_данных_Р2	0,78	0,19
Интеллектуальные_информационные_системы	-2,38	0,18
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	-2,46	0,23
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	-0,17	0,21
Исследование_операций	-1,81	0,16
Исследование_операций_Р1	-4,20	0,26
Исследование_операций_Р2	0,86	0,19
Модели_и_методы_прогнозирования	-1,12	0,16
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	-3,73	0,26
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,88	0,20
Проектирование_информационных_систем	-0,76	0,16
Проектирование_информационных_систем_Р1	-3,49	0,26
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,27	0,19
Сетевая_экономика	-2,11	0,16
Сетевая_экономика_Р1	-3,07	0,24
Сетевая_экономика_Р2	0,70	0,21
Теория_систем_и_системный_анализ	-1,58	0,15
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	-3,07	0,23
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	0,39	0,19

Задание	Уд	Xop	Отл
Базы_данных	-5,85	-0,65	2,34
Интеллектуальные_информационные_системы	-4,93	-2,52	0,30
Исследование_операций	-6,01	-1,02	1,61
Модели_и_методы_прогнозирования	-4,85	-0,35	1,85
Проектирование_информационных_систем	-4,28	-0,52	2,51
Сетевая_экономика	-5,20	-1,53	0,41
Теория_систем_и_системный_анализ	-4,69	-1,25	1,19

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Базы_данных	Сетевая_экономика	-0,40
Модели_и_методы_прогнозирования	Базы_данных	0,06

Теория_систем_и_системный_анализ	Сетевая_экономика	0,06
Исследование_операций	Сетевая_экономика	-0,31
Модели_и_методы_прогнозирования	Проектирование_информационных_сист ем	0,02
Теория_систем_и_системный_анализ	Исследование_операций	-0,31
Модели_и_методы_прогнозирования	Сетевая_экономика	-0,28
Теория_систем_и_системный_анализ	Проектирование_информационных_сист ем	-0,23
Сетевая_экономика	Интеллектуальные_информационные_си стемы	-0,23
Базы_данных	Интеллектуальные_информационные_си стемы	-0,07
Исследование_операций	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,07
Базы_данных	Проектирование_информационных_сист ем	-0,08
Проектирование_информационных_сис тем	Интеллектуальные_информационные_си стемы	-0,09
Проектирование_информационных_сис тем	Сетевая_экономика	-0,20
Модели_и_методы_прогнозирования	Интеллектуальные_информационные_си стемы	-0,10
Исследование_операций	Интеллектуальные_информационные_си стемы	-0,10
Теория_систем_и_системный_анализ	Базы_данных	-0,11
Исследование_операций	Проектирование_информационных_сист ем	-0,17
Исследование_операций	Базы_данных	-0,12
Теория_систем_и_системный_анализ	Интеллектуальные_информационные_си стемы	-0,16
Теория_систем_и_системный_анализ	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,13

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Базы_данных	0,93	-0,54	0,91	-0,73
Базы_данных_Р1	1,08	0,29	1,00	0,06
Базы_данных_Р2	0,88	-0,55	0,93	-1,04
Интеллектуальные_информационные_системы	0,89	-0,43	0,90	-0,69
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	0,95	-0,13	1,00	0,06
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	0,97	-0,07	1,01	0,16

1.04			
1,24	1,45	1,21	1,74
1,48	1,39	1,25	1,57
1,14	0,67	1,08	1,27
0,70	-2,02	0,73	-2,34
0,54	-1,87	0,75	-1,70
0,82	-0,51	0,91	-1,17
0,86	-1,11	0,89	-0,94
0,72	-1,02	0,78	-1,49
1,49	0,94	0,93	-1,05
1,31	1,19	1,35	2,44
1,12	0,51	1,10	0,82
0,97	-0,04	1,02	0,34
0,86	-0,83	0,94	-0,51
0,85	-0,63	0,85	-1,15
0,89	-0,41	0,92	-1,26
	1,48 1,14 0,70 0,54 0,82 0,86 0,72 1,49 1,31 1,12 0,97 0,86 0,85	1,48 1,39 1,14 0,67 0,70 -2,02 0,54 -1,87 0,82 -0,51 0,86 -1,11 0,72 -1,02 1,49 0,94 1,31 1,19 1,12 0,51 0,97 -0,04 0,86 -0,83 0,85 -0,63	1,48 1,39 1,25 1,14 0,67 1,08 0,70 -2,02 0,73 0,54 -1,87 0,75 0,82 -0,51 0,91 0,86 -1,11 0,89 0,72 -1,02 0,78 1,49 0,94 0,93 1,31 1,19 1,35 1,12 0,51 1,10 0,97 -0,04 1,02 0,86 -0,83 0,94 0,85 -0,63 0,85

ПК-6. Способен документировать процессы создания информационных систем на всех стадиях жизненного цикла

n	IC	TT
Этап	Код	Наименование
1	Б.3.ДВ.2.1	Основы алгоритмизации
1	Б.3.Б.1	Программная инженерия
2	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем
	Б.3.В.3	Сетевая экономика
3	Б.5.2	Производственная практика

Задание	Оценка	Ошибка
Основы_алгоритмизации	-0,57	0,11
Основы_алгоритмизации_Р1	-2,81	0,20
Основы_алгоритмизации_Р2	1,97	0,22
Программная_инженерия	-0,89	0,65
Программная_инженерия_Р1	-1,81	0,73
Проектирование_информационных_систем	-0,49	0,13
Проектирование_информационных_систем_Р1	-2,27	0,22
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,22	0,18

Производственная_практика	-1,59	0,14
Производственная_практика_Р1	-2,06	0,21
Производственная_практика_Р2	0,45	0,20
Сетевая_экономика	-1,54	0,14
Сетевая_экономика_Р1	-2,23	0,21
Сетевая_экономика_Р2	0,65	0,20

Задание	Уд	Xop	Отл
Основы_алгоритмизации	-3,39	0,57	1,12
Программная_инженерия	-2,73	0,95	Код ошибки
Проектирование_информационных_систем	-2,84	-0,33	1,69
Производственная_практика	-3,72	-1,29	0,25
Сетевая_экономика	-3,82	-1,10	0,32

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Программная_инженерия	Проектирование_информационных_си стем	-0,25
Программная_инженерия	Сетевая_экономика	NaN
Программная_инженерия	Основы_алгоритмизации	0,14
Программная_инженерия	Производственная_практика	NaN
Проектирование_информационных_систе м	Сетевая_экономика	-0,06
Проектирование_информационных_систе м	Основы_алгоритмизации	-0,34
Проектирование_информационных_систе м	Производственная_практика	-0,03
Сетевая_экономика	Основы_алгоритмизации	-0,39
Сетевая_экономика	Производственная_практика	-0,15
Основы_алгоритмизации	Производственная_практика	-0,40

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Основы_алгоритмизации	1,23	1,47	1,13	1,18
Основы_алгоритмизации_Р1	1,13	0,88	1,09	0,80

Основы_алгоритмизации_Р2	1,12	0,53	1,01	0,13
Программная_инженерия	0,85	-0,23	0,85	-0,22
Программная_инженерия_Р1	0,91	-0,26	0,92	-0,26
Проектирование_информационных_систем	0,90	-0,85	0,91	-0,80
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,87	-0,86	0,91	-0,69
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,98	-0,25	0,99	-0,29
Производственная_практика	0,95	-0,33	0,98	-0,15
Производственная_практика_Р1	0,97	-0,28	0,97	-0,36
Производственная_практика_Р2	0,97	-0,34	0,98	-0,28
Сетевая_экономика	0,95	-0,32	0,98	-0,18
Сетевая_экономика_Р1	0,89	-0,87	0,92	-0,95
Сетевая_экономика_Р2	0,93	-0,70	0,97	-0,53

ПК-7. Способен использовать технологические и функциональные стандарты, современные модели и методы оценки качества и надежности при проектировании, конструировании и отладке программных средств

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.Б.1	Программная инженерия
1	Б.3.В.3	Сетевая экономика
2		Курсовая работа по циклу Информационные технологии и программирование ВМИП РСПСиИТ ИТ1 ИТ2

Задание	Оценка	Ошибка
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_про граммированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	-1,32	0,13
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_про граммированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2Р1	-3,61	0,23
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_про граммированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2Р2	1,43	0,19
Программная_инженерия	-0,43	0,66
Программная_инженерия_Р1	-1,84	0,73
Сетевая_экономика	-1,52	0,13
Сетевая_экономика_Р1	-2,20	0,21
Сетевая_экономика_Р2	0,66	0,20

Задание	Уд	Xop	Отл
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программированиеВМИП_РСПСиИТ_ИТ1_ИТ2	-4,94	-0,18	1,16
Программная_инженерия	-2,30	1,43	Код ошибки
Сетевая_экономика	-3,78	-1,08	0,30

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Программная_инженерия	Сетевая_экономика	NaN
Программная_инженерия	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_технологии_и_программирова ниеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	NaN
Сетевая_экономика	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_технологии_и_программирова ниеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	-0,31

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2	1,03	0,25	1,01	0,13
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2Р1	1,03	0,17	1,02	0,15
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2Р2	1,00	0,02	1,00	0,00
Программная_инженерия	1,01	0,12	1,01	0,12
Программная_инженерия_Р1	1,01	0,08	1,01	0,08
Сетевая_экономика	1,00	0,00	0,99	-0,08
Сетевая_экономика_Р1	1,00	0,01	1,00	0,01
Сетевая_экономика_Р2	0,99	-0,07	1,00	-0,04

ПК-8. Способен проводить обследование организаций, выявлять

информационные потребности пользователей, формировать требования к информационной системе, участвовать в реинжиниринге прикладных и информационных процессов

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.Б.5	Базы данных
1	Б.3.Б.6	Информационная безопасность
2	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем
2	Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы
3		Курсовая работа по циклу «Проектирование информационных систем, Проектирование ИС
		ТЭИС БД»

Задание	Оцен ка	Оши бка
Автоматизированные_банковские_системы	-0,50	0,17
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	-2,15	0,26
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	0,31	0,24
Базы_данных	-1,11	0,15
Базы_данных_Р1	-3,69	0,25
Базы_данных_Р2	0,68	0,18
Информационная_безопасность	-1,39	0,15
Информационная_безопасность_Р1	-4,87	0,27
Информационная_безопасность_Р2	1,92	0,20
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программ ированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	-1,51	0,15
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программ ированиеВМИП_РСПСиИТ_ИТ1_ИТ2Р1	-4,49	0,26
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программ ированиеВМИП_РСПСиИТ_ИТ1_ИТ2Р2	1,54	0,20
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_системПроектирование_ИСТЭИСБД_	-0,95	0,15
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_систем Проектирование_ИСТЭИСБДР1	-3,13	0,24
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_системПроектирование_ИСТЭИСБДР2	1,04	0,21
Проектирование_информационных_систем	-0,62	0,15
Проектирование_информационных_систем_Р1	-2,92	0,23

Задание	Уд	Xop	Отл
Автоматизированные_банковские_системы	-2,72	-0,28	1,51
Базы_данных	-4,82	-0,51	1,99
Информационная_безопасность	-6,26	0,28	1,81
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программированиеВМИП_РСПСиИТ_ИТ1_ИТ2	-6,00	-0,16	1,62
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационны x_системПроектирование_ИСТЭИСБД_	-4,10	-0,14	1,39
Проектирование_информационных_систем	-3,58	-0,39	2,11

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	3	0,29
Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_технологии_и_программирова ниеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	4	-0,25
Проектирование_информационных_сис тем	2	-0,25
Автоматизированные_банковские_систе мы	3	0,24
Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	2	-0,19
Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	1	0,16
Проектирование_информационных_сис тем	1	0,14
Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_технологии_и_программирова ниеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	2	0,12
Автоматизированные_банковские_систе мы	2	-0,09
Курсовая_работа_по_циклуИнформа	1	-0,05

ционные_технологии_и_программирова ниеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2 		
Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	5	-0,05
Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_технологии_и_программирова ниеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	3	-0,05
Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	4	-0,04
Автоматизированные_банковские_систе мы	1	0,04
Информационная_безопасность	1	-0,02

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Автоматизированные_банковские_системы	1,14	0,87	1,11	0,73
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	1,01	0,09	1,01	0,14
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	1,34	0,99	1,07	0,99
Базы_данных	0,81	-1,61	0,82	-1,67
Базы_данных_Р1	0,87	-0,43	0,86	-0,98
Базы_данных_Р2	0,85	-0,96	0,90	-1,85
Информационная_безопасность	1,46	2,37	1,28	2,15
Информационная_безопасность_Р1	1,58	1,32	1,10	0,68
Информационная_безопасность_Р2	1,21	0,91	1,09	1,06
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2	1,18	1,14	1,13	1,06
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2Р1	1,38	1,06	1,24	1,64
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2Р2	1,05	0,34	1,03	0,43
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_инфо рмационных_системПроектирование_ИСТЭИ СБД_	0,90	-0,68	0,89	-0,89
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_инфо рмационных систем Проектирование ИС ТЭИ	1,01	0,08	1,01	0,08

С_БД_Р1				
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_инфо рмационных_системПроектирование_ИСТЭИ СБДР2	0,94	-0,25	0,97	-0,34
Проектирование_информационных_систем	0,81	-1,72	0,82	-1,61
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,75	-1,28	0,83	-1,34
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,92	-0,32	0,94	-1,00

ПК-9. Способен моделировать и проектировать структуры данных и знаний, прикладные и информационные процессы

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.Б.5	Базы данных
2		Курсовая работа по циклу «Моделирование систем и процессов «ИСО ИМЭП ММП»
3	Б.5.2	Производственная практика

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Базы_данных	-1,06	0,15
Базы_данных_Р1	-3,48	0,25
Базы_данных_Р2	0,56	0,18
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИС_	-1,91	0,15
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИСР1	-1,67	0,22
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИСР2	0,30	0,22
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систем_и_процессовИСО_ИМЭП_ММП_	-1,86	0,15
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систем_и_процессов ИСО_ИМЭП_ММП_Р1	-2,03	0,22
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систем_и_процессов ИСО_ИМЭП_ММП_Р2	0,50	0,21
Производственная_практика	-1,93	0,15
Производственная_практика_Р1	-2,41	0,22
Производственная_практика_Р2	0,39	0,20

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл	
	, ,			

Базы_данных	-4,56	-0,56	1,94
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИ СПОЭИС_	-3,70	-1,73	-0,29
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систем_и_процес совИСО_ИМЭП_ММП_	-3,96	-1,54	-0,08
Производственная_практика	-4,39	-1,64	0,24

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
-----------	-----------	----

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Базы_данных	0,93	-0,60	0,93	-0,65
Базы_данных_Р1	0,93	-0,23	0,95	-0,36
Базы_данных_Р2	0,93	-0,60	0,96	-0,78
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_	0,84	-0,67	0,98	-0,14
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_Р1	0,83	-0,83	0,92	-0,77
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_Р2	0,82	-0,88	0,93	-0,77
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систе м_и_процессовИСО_ИМЭП_ММП_	1,00	0,05	1,08	0,59
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систе м_и_процессовИСО_ИМЭП_ММП_Р1	0,92	-0,43	0,97	-0,30
Курсовая_работа_по_циклуМоделирование_систе м_и_процессовИСО_ИМЭП_ММП_Р2	0,95	-0,27	1,00	-0,03
Производственная_практика	1,05	0,32	1,10	0,79
Производственная_практика_Р1	1,08	0,45	1,06	0,54
Производственная_практика_Р2	1,01	0,06	1,01	0,12

ПК-10. Способен применять к решению прикладных задач базовые алгоритмы обработки информации, выполнять оценку сложности алгоритмов, программировать и тестировать программы

n		
T	Von	Наименование
ап	Код	Паименование

1	Б.2.Б.4	Информатика и программирование
1	Б.2.В.3	Эконометрика
	Б.2.В.1	Имитационное моделирование
	Б.2.ДВ.	
2	1.1	Модели и методы прогнозирования
2	Б.2.ДВ.	Лингвистическое обеспечение информационных
	4.2	систем
	Б.3.Б.1	Программная инженерия

Задание	Оценка	Ошибка
Имитационное_моделирование	-0,93	0,52
Имитационное_моделирование_Р1	5,34	0,76
Имитационное_моделирование_Р2	-7,72	0,76
Информатика_и_программирование	-0,75	0,15
Информатика_и_программирование_Р1	-4,06	0,25
Информатика_и_программирование_Р2	1,68	0,21
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем	-4,02	0,19
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем_Р1	-5,76	0,23
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем_Р2	1,04	0,20
Модели_и_методы_прогнозирования	-0,96	0,16
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	-3,46	0,25
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,86	0,20
Программная_инженерия	-0,96	0,74
Программная_инженерия_Р1	-2,38	0,77
Эконометрика	-0,70	0,16
Эконометрика_Р1	-3,96	0,26
Эконометрика_Р2	1,18	0,20

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Имитационное_моделирование	-2,14	-2,13	1,45
Информатика_и_программирование	-4,82	0,62	1,94
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем	-9,78	-3,00	0,73
Модели_и_методы_прогнозирования	-4,43	-0,23	1,78
Программная_инженерия	-3,35	1,43	Код ошибки
Эконометрика	-4,67	0,33	2,24

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Информатика_и_программирование	Имитационное_моделирование	-0,32
Информатика_и_программирование	Эконометрика	-0,35
Информатика_и_программирование	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,37
Информатика_и_программирование	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,20
Информатика_и_программирование	Программная_инженерия	0,11
Имитационное_моделирование	Эконометрика	0,04
Имитационное_моделирование	Модели_и_методы_прогнозирования	NaN
Имитационное_моделирование	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	NaN
Имитационное_моделирование	Программная_инженерия	-0,05
Эконометрика	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,10
Эконометрика	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,31
Эконометрика	Программная_инженерия	-0,40
Модели_и_методы_прогнозирования	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,27
Модели_и_методы_прогнозирования	Программная_инженерия	NaN
Лингвистическое_обеспечение_информац ионных_систем	Программная_инженерия	NaN

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Имитационное_моделирование	0,79	0,01	0,86	-0,21
Имитационное_моделирование_Р1	0,85	0,01	0,92	-0,19
Имитационное_моделирование_Р2	0,85	0,02	0,92	-0,19
Информатика_и_программирование	1,03	0,18	1,03	0,23
Информатика_и_программирование_Р1	0,97	-0,07	0,95	-0,31
Информатика_и_программирование_Р2	1,23	0,61	1,02	0,23
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем	1,00	0,06	1,05	0,46
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем_P1	1,05	0,20	1,05	0,45

Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем_P2	0,99	0,00	1,04	0,49
Модели_и_методы_прогнозирования	0,93	-0,49	0,93	-0,60
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	0,81	-0,76	0,93	-0,49
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	1,02	0,10	1,00	0,06
Программная_инженерия	0,68	-0,60	0,72	-0,58
Программная_инженерия_Р1	0,75	-0,58	0,80	-0,58
Эконометрика	0,91	-0,61	0,94	-0,49
Эконометрика_Р1	0,75	-0,84	0,88	-0,77
Эконометрика_Р2	0,97	-0,11	0,98	-0,22

ПК-11. Способен принимать участие в создании и управлении ИС на всех этапах жизненного цикла

Эт	Код	Наименование					
	Б.2.В.3	Эконометрика					
	Б.2.ДВ.	Лингвистическое обеспечение информационных					
1	4.2	систем					
1	Б.3.Б.1	Программная инженерия					
	Б.2.ДВ.						
	1.1	Модели и методы прогнозирования					
2	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем					
3	Б.5.2	Производственная практика					

Задание	Оценка	Ошибка
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем	-4,16	0,19
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем_Р1	-5,96	0,23
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем_Р2	1,08	0,20
Модели_и_методы_прогнозирования	-1,01	0,16
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	-3,58	0,25
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,88	0,20
Программная_инженерия	-1,92	0,73
Программная_инженерия_Р1	-2,23	0,77
Проектирование_информационных_систем		0,16
Проектирование_информационных_систем_Р1		0,24
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,18	0,19

Производственная_практика	-2,01	0,16
Производственная_практика_Р1		0,23
Производственная_практика_Р2	0,38	0,21
Эконометрика	-0,79	0,16
Эконометрика_Р1	-4,09	0,27
Эконометрика_Р2	1,17	0,20

Задание	Уд	Xop	Отл
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем	-10,12	-3,10	0,73
Модели_и_методы_прогнозирования	-4,59	-0,25	1,82
Программная_инженерия	-4,17	0,32	Код ошибки
Проектирование_информационных_систем	-3,94	-0,52	2,44
Производственная_практика	-4,75	-1,72	0,42
Эконометрика	-4,89	0,24	2,26

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Проектирование_информационных_систе м	Производственная_практика	-0,27
Проектирование_информационных_систе м	Эконометрика	-0,22
Проектирование_информационных_систе м	Модели_и_методы_прогнозирования	0,06
Проектирование_информационных_систе м	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,23
Проектирование_информационных_систе м	Программная_инженерия	-0,55
Производственная_практика	Эконометрика	-0,20
Производственная_практика	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,38
Производственная_практика	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,26
Производственная_практика	Программная_инженерия	NaN
Эконометрика	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,13
Эконометрика	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,21

Эконометрика	Программная_инженерия	-0,33
Модели_и_методы_прогнозирования	Лингвистическое_обеспечение_инфор мационных_систем	-0,21
Модели_и_методы_прогнозирования	Программная_инженерия	NaN
Лингвистическое_обеспечение_информац ионных_систем	Программная_инженерия	NaN

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем	1,16	0,88	1,16	1,25
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем_Р1	1,21	0,66	1,13	1,06
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем_Р2	1,12	0,78	1,11	1,34
Модели_и_методы_прогнозирования	0,84	-1,08	0,86	-1,15
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	0,64	-1,51	0,77	-1,65
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,92	-0,30	0,98	-0,33
Программная_инженерия	0,95	0,02	0,98	0,05
Программная_инженерия_Р1	0,93	-0,09	0,95	-0,09
Проектирование_информационных_систем	0,86	-1,20	0,87	-1,18
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,81	-0,79	0,89	-0,79
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,95	-0,20	0,94	-0,89
Производственная_практика	1,17	0,79	1,17	1,26
Производственная_практика_Р1	1,18	0,81	1,13	1,10
Производственная_практика_Р2	1,07	0,39	1,05	0,70
Эконометрика	0,93	-0,46	0,92	-0,60
Эконометрика_Р1	0,94	-0,13	0,99	-0,01
Эконометрика_Р2	1,02	0,10	0,97	-0,34

ПК-12. Способен эксплуатировать и сопровождать информационные системы и сервисы

Этап	Код	Наименование		
1	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии		
2	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем		
3		Курсовая работа по циклу «Проектирование информационных систем Проектирование ИС ТЭИС		

	БД Р1»
Б.3.В.3	Сетевая экономика

Задание	Оценка	Ошибка
Информационные_системы_и_технологии	0,01	0,24
Информационные_системы_и_технологии_Р1	-1,95	0,37
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,08	0,38
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_с истемПроектирование_ИСТЭИСБД_	-0,95	0,16
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_с истемПроектирование_ИСТЭИСБДР1	-3,43	0,25
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_с истемПроектирование_ИСТЭИСБДР2	1,07	0,21
Проектирование_информационных_систем	-0,56	0,15
Проектирование_информационных_систем_Р1	-3,16	0,24
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,28	0,19
Сетевая_экономика	-1,96	0,16
Сетевая_экономика_Р1	-3,09	0,23
Сетевая_экономика_Р2	0,71	0,21

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Информационные_системы_и_технологии	-2,05	0,07	2,01
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_информационных_си стемПроектирование_ИСТЭИСБД_	-4,39	-0,08	1,61
Проектирование_информационных_систем	-3,75	-0,32	2,39
Сетевая_экономика	-5,07	-1,39	0,57

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Информационные_системы_и_технолог ии	Проектирование_информационных_сис тем	-0,84
Информационные_системы_и_технолог ии	Сетевая_экономика	NaN
Информационные_системы_и_технолог ии	Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	NaN

Проектирование_информационных_сис тем	Сетевая_экономика	-0,44
Проектирование_информационных_сис тем	Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	-0,04
Сетевая_экономика	Курсовая_работа_по_циклуПроектир ование_информационных_системПр оектирование_ИСТЭИСБД_	-0,53

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Информационные_системы_и_технологии	1,04	0,22	1,05	0,25
Информационные_системы_и_технологии_Р1	0,99	0,00	1,01	0,05
Информационные_системы_и_технологии_Р2	1,09	0,42	1,03	0,24
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_инфо рмационных_системПроектирование_ИСТЭИ СБД_	0,93	-0,44	0,94	-0,46
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_инфо рмационных_системПроектирование_ИСТЭИ СБДР1	1,09	0,41	1,07	0,49
Курсовая_работа_по_циклуПроектирование_инфо рмационных_системПроектирование_ИСТЭИ СБДР2	0,92	-0,22	0,96	-0,46
Проектирование_информационных_систем	0,89	-0,90	0,90	-0,86
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,82	-0,81	0,90	-0,75
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,94	-0,15	0,97	-0,50
Сетевая_экономика	1,13	0,71	1,16	1,19
Сетевая_экономика_Р1	0,88	-0,53	0,95	-0,47
Сетевая_экономика_Р2	0,97	-0,13	0,99	-0,12

ПК-13. Способен принимать участие во внедрении, адаптации и настройке прикладных ИС

Эт	Код	Наименование
	Б.3.Б	
1	.4	Информационные системы и технологии
	Б.3.Б	
2	.8	Проектирование информационных систем
	Б.3.	Предметно-ориентированные информационные
3	B.6	системы

Задание	Оценка	Ошибка
Информационные_системы_и_технологии	0,02	0,24
Информационные_системы_и_технологии_Р1	-1,92	0,37
Информационные_системы_и_технологии_Р2	0,08	0,37
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы	-2,28	0,17
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы_P1	-2,30	0,22
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы_P2	-0,23	0,21
Проектирование_информационных_систем	-0,57	0,15
Проектирование_информационных_систем_Р1	-3,13	0,24
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,28	0,19

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Информационные_системы_и_технологии	-2,02	0,07	2,00
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы	-4,69	-2,46	0,30
Проектирование_информационных_систем	-3,73	-0,32	2,35

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Информационные_системы_и_технолог ии	Проектирование_информационных_сис тем	-0,83
Информационные_системы_и_технолог ии	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	NaN
Проектирование_информационных_систем	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-0,48

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Информационные_системы_и_технологии	1,04	0,22	1,05	0,24
Информационные_системы_и_технологии_Р1	1,00	0,01	1,01	0,06
Информационные_системы_и_технологии_Р2	1,08	0,40	1,03	0,24
Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы	0,93	-0,32	0,96	-0,30

Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы_P1	0,95	-0,21	0,99	-0,08
Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы_P2	0,96	-0,20	1,00	-0,07
Проектирование_информационных_систем	0,99	-0,11	0,99	-0,06
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,90	-0,46	0,94	-0,47
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,98	-0,02	1,01	0,15

ПК-14. Способен принимать участие в реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп, презентовать результаты проектов и обучать пользователей ИС

	резептов	ать результаты проектов и обучать пользователей
Эт ап	Код	Наименование
1	Б.3.Б.4	Информационные системы и технологии
	Б.2.ДВ.	
	2.1	Мультимедиа технологии
	Б.2.В.4	Исследование операций
	Б.2.ДВ.	
2	3.1	Основы бизнеса
	Б.2.Б.3	Теория систем и системный анализ
3	Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы
		Предметно-ориентированные информационные
4	Б.3.В.6	системы
5		Курсовая работа по циклу Информационные системы ИИС ПОЭИС

Задание	Оценка	Ошибка
Интеллектуальные_информационные_системы	-2,39	0,18
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	-2,57	0,23
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	-0,15	0,21
Исследование_операций	-1,59	0,16
Исследование_операций_Р1	-3,83	0,24
Исследование_операций_Р2	0,73	0,19
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИС_	-2,01	0,16
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИСР1	-1,91	0,23
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИСР2	0,29	0,22

Основы_бизнеса	-1,39	0,16
Основы_бизнеса_Р1	-4,10	0,27
Основы_бизнеса_Р2	1,34	0,21
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы	-2,46	0,18
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы_P1	-2,47	0,23
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы_P2	-0,16	0,21
Теория_систем_и_системный_анализ	-1,52	0,15
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	-3,02	0,23
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	0,40	0,19

Задание	Уд	Xop	Отл
Интеллектуальные_информационные_системы	-5,04	-2,51	0,38
Исследование_операций	-5,44	-0,93	1,59
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИС_	-4,02	-1,82	-0,19
Основы_бизнеса	-5,49	-0,23	1,55
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы	-5,01	-2,59	0,22
Теория_систем_и_системный_анализ	-4,57	-1,18	1,20

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Интеллектуальные_информационные_с истемы	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	0,12
Интеллектуальные_информационные_с истемы	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	0,02
Теория_систем_и_системный_анализ	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	-0,30
Основы_бизнеса	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИС_ПОЭИС_	-0,30
Теория_систем_и_системный_анализ	Исследование_операций	-0,30
Исследование_операций	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,29

Основы_бизнеса	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-0,26
Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	-0,10
Основы_бизнеса	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,22
Исследование_операций	Основы_бизнеса	-0,13
Теория_систем_и_системный_анализ	Основы_бизнеса	-0,13
Исследование_операций	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	-0,14
Исследование_операций	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-0,14
Теория_систем_и_системный_анализ	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-0,18
Теория_систем_и_системный_анализ	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,16

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Интеллектуальные_информационные_системы	0,78	-1,12	0,79	-1,61
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	0,82	-0,85	0,89	-1,00
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	0,88	-0,62	0,92	-1,05
Исследование_операций	1,07	0,52	1,07	0,65
Исследование_операций_Р1	1,39	1,34	1,13	0,95
Исследование_операций_Р2	0,94	-0,23	0,98	-0,26
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_	0,84	-0,53	0,97	-0,21
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_Р1	0,76	-0,90	0,85	-1,37
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_Р2	0,82	-0,64	0,93	-0,84
Основы_бизнеса	1,20	1,11	1,12	0,92
Основы_бизнеса_Р1	1,30	0,91	1,09	0,58
Основы_бизнеса_Р2	1,06	0,28	1,04	0,44
Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы	0,72	-1,33	0,82	-1,37
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_системы_P1	0,71	-1,32	0,84	-1,49
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_системы_P2	0,78	-1,02	0,90	-1,34

Теория_систем_и_системный_анализ	1,07	0,52	1,11	0,89
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	1,06	0,34	1,00	-0,01
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	0,98	0,00	0,99	-0,17

ПК-15. Способен проводить оценку экономических затрат на проекты по информатизации и автоматизации решения прикладных задач

Этап	Код	Наименование
1	Б.1.В.2	Экономика и организация предприятия
	Б.1.ДВ.3.1	Бухгалтерский учет и экономический анализ
2		Курсовая работа по циклу Информационные системы ИИС ПОЭИС
3	Б.2.ДВ.3.1	Основы бизнеса

Задание	Оценка	Ошибка
Бухгалтерский_учет_и_экономический_анализ	-61,95	Код ошибки
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИС_	-1,85	0,15
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИСР1	-1,73	0,22
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИС ПОЭИСР2	0,36	0,22
Основы_бизнеса	-1,26	0,15
Основы_бизнеса_Р1	-3,47	0,25
Основы_бизнеса_Р2	1,28	0,21
Экономика_и_организация_предприятия	0,43	0,32
Экономика_и_организация_предприятия_Р1	-2,37	0,51
Экономика_и_организация_предприятия_Р2	0,10	0,47

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Бухгалтерский_учет_и_экономический_анализ	-12,00	Код ошибк и	Код ошибки
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_системыИИ СПОЭИС_	-3,69	-1,63	-0,22
Основы_бизнеса	-4,74	-0,24	1,19

Экономика_и_организации_предприятия =2,01 0,51 2,01		-2,01	0,51	2,81
---	--	-------	------	------

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Экономика_и_организация_предприяти я	Бухгалтерский_учет_и_экономический_ анализ	NaN
Экономика_и_организация_предприяти я	Основы_бизнеса	NaN
Экономика_и_организация_предприяти я	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	NaN
Бухгалтерский_учет_и_экономический_ анализ	Основы_бизнеса	NaN
Бухгалтерский_учет_и_экономический_ анализ	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	NaN
Основы_бизнеса	Курсовая_работа_по_циклуИнформа ционные_системыИИСПОЭИС_	-0,45

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Бухгалтерский_учет_и_экономический_анализ	0,00	NaN	NaN	NaN
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_	0,99	-0,07	1,01	0,10
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_Р1	0,89	-0,65	0,93	-0,72
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_сис темыИИС_ПОЭИС_Р2	0,91	-0,55	0,96	-0,50
Основы_бизнеса	1,01	0,11	1,01	0,06
Основы_бизнеса_Р1	0,98	-0,05	0,99	-0,07
Основы_бизнеса_Р2	1,02	0,18	1,01	0,17
Экономика_и_организация_предприятия	0,98	-0,04	0,98	-0,04
Экономика_и_организация_предприятия_Р1	0,97	-0,04	0,98	-0,04
Экономика_и_организация_предприятия_Р2	1,11	0,14	1,00	0,01

ПК-16. Способен оценивать и выбирать современные операционные среды и информационно-коммуникационные технологии для информатизации и автоматизации решения прикладных задач и создания ИС

Эт ап	Код	Наименование
	Б.2.Б.4	Информатика и программирование
1	Б.2.ДВ.	
	2.1	Мультимедиа технологии
	Б.2.ДВ.	Лингвистическое обеспечение информационных
2	4.2	систем
	Б.3.Б.3	Операционные системы
	Б.2.В.1	Имитационное моделирование
	Б.2.В.4	Исследование операций
3	Б.2.ДВ.	
	1.1	Модели и методы прогнозирования
	Б.3.В.3	Сетевая экономика
4		Курсовая работа по циклу «Аппаратно-программное
4		обеспечение ВС и С ОС КМ ВСиС»

Задание	Оценка	Ошибка
Имитационное_моделирование	-1,08	0,47
Имитационное_моделирование_Р1	5,52	0,72
Имитационное_моделирование_Р2	-7,48	0,72
Информатика_и_программирование	-0,74	0,14
Информатика_и_программирование_Р1	-3,69	0,24
Информатика_и_программирование_Р2	1,66	0,20
Исследование_операций	-1,33	0,14
Исследование_операций_Р1	-3,21	0,23
Исследование_операций_Р2	0,68	0,18
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программное_обеспечени е_ВС_и_СОС_КМВСиС_	-1,07	0,13
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программное_обеспечени е_ВС_и_СОСКМВСиСР1	-1,72	0,21
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программное_обеспечени e_BC_и_COCKMBCиCP2	0,37	0,20
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем	-3,79	0,17
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем_Р1	-5,59	0,22
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем_Р2	1,19	0,19
Модели_и_методы_прогнозирования		0,15
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	-3,09	0,24
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,88	0,20
Мультимедиа_технологии	-1,14	0,30

Мультимедиа_технологии_Р1	-2,46	0,49
Мультимедиа_технологии_Р2	1,51	0,56
Операционные_системы	-0,18	0,13
Операционные_системы_Р1	-2,14	0,21
Операционные_системы_Р2	0,45	0,20
Сетевая_экономика	-1,66	0,15
Сетевая_экономика_Р1	-2,55	0,22
Сетевая_экономика_Р2	0,65	0,20

Задание	Уд	Xop	Отл
Имитационное_моделирование	-2,08	-2,08	0,88
Информатика_и_программирование	-4,43	0,54	1,67
Исследование_операций	-4,57	-0,76	1,33
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программное_обеспечение _ВС_и_СОС_КМВСиС_	-2,90	-0,84	0,54
Лингвистическое_обеспечение_информационных_систем	-9,37	-2,64	0,65
Модели_и_методы_прогнозирования	-3,98	-0,17	1,54
Мультимедиа_технологии	-3,62	-0,26	0,47
Операционные_системы	-2,39	0,13	1,72
Сетевая_экономика	-4,25	-1,18	0,45

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Мультимедиа_технологии	Операционные_системы	-0,41
Информатика_и_программирование	Имитационное_моделирование	0,06
Исследование_операций	Мультимедиа_технологии	-0,37
Сетевая_экономика	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОС_КМВСиС_	-0,37
Имитационное_моделирование	Операционные_системы	0,04
Информатика_и_программирование	Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	0,02
Операционные_системы	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОС_КМВСиС_	0,01
Модели_и_методы_прогнозирования	Операционные_системы	0,01

Информатика_и_программирование	Мультимедиа_технологии	-0,33
Информатика_и_программирование	Исследование_операций	0,00
Модели_и_методы_прогнозирования	Сетевая_экономика	0,00
Информатика_и_программирование	Сетевая_экономика	-0,30
Исследование_операций	Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	-0,03
Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	Операционные_системы	-0,27
Имитационное_моделирование	Исследование_операций	-0,26
Исследование_операций	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,06
Исследование_операций	Сетевая_экономика	-0,25
Имитационное_моделирование	Мультимедиа_технологии	-0,24
Информатика_и_программирование	Операционные_системы	-0,24
Операционные_системы	Сетевая_экономика	-0,21
Исследование_операций	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиС_	-0,12
Модели_и_методы_прогнозирования	Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	-0,12
Исследование_операций	Операционные_системы	-0,20
Информатика_и_программирование	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,19
Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиС_	-0,19
Информатика_и_программирование	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиС_	-0,18
Модели_и_методы_прогнозирования	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОС_КМВСиС_	-0,14
Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	Сетевая_экономика	-0,16
Имитационное_моделирование	Модели_и_методы_прогнозирования	NaN
Имитационное_моделирование	Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	NaN
Имитационное_моделирование	Сетевая_экономика	NaN
Имитационное_моделирование	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиС_	NaN

Мультимедиа_технологии	Лингвистическое_обеспечение_информ ационных_систем	NaN
Мультимедиа_технологии	Сетевая_экономика	NaN
Мультимедиа_технологии	Курсовая_работа_по_циклуАппаратн о_программное_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиС_	NaN

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Имитационное_моделирование	0,74	-0,24	0,79	-0,27
Имитационное_моделирование_Р1	0,91	-0,08	0,95	-0,11
Имитационное_моделирование_Р2	0,91	-0,08	0,95	-0,11
Информатика_и_программирование	1,05	0,36	1,04	0,32
Информатика_и_программирование_Р1	1,03	0,17	1,00	0,02
Информатика_и_программирование_Р2	1,13	0,46	1,00	0,02
Исследование_операций	0,89	-0,90	0,90	-0,91
Исследование_операций_Р1	0,94	-0,24	1,00	0,06
Исследование_операций_Р2	0,95	-0,35	0,97	-0,61
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программн ое_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиС_	1,03	0,21	1,03	0,30
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программн ое_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиСР1	1,06	0,42	1,05	0,51
Курсовая_работа_по_циклуАппаратно_программн ое_обеспечение_ВС_и_СОСКМВСиСР2	1,10	0,52	1,06	0,85
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем	1,00	0,03	1,04	0,40
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем_Р1	0,96	-0,11	0,99	-0,03
Лингвистическое_обеспечение_информационных_си стем_P2	0,99	-0,08	1,02	0,34
Модели_и_методы_прогнозирования	0,71	-2,27	0,73	-2,40
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	0,59	-2,21	0,76	-1,93
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,89	-0,61	0,95	-0,75
Мультимедиа_технологии	1,08	0,27	1,15	0,54
Мультимедиа_технологии_Р1	0,90	-0,21	0,94	-0,20
Мультимедиа_технологии_Р2	0,94	0,26	1,01	0,12
Операционные_системы	0,92	-0,62	0,94	-0,47
Операционные_системы_Р1	0,96	-0,25	0,96	-0,36

Операционные_системы_Р2	0,94	-0,10	0,97	-0,38
Сетевая_экономика	1,42	2,16	1,36	2,67
Сетевая_экономика_Р1	1,22	1,22	1,15	1,41
Сетевая_экономика_Р2	0,98	-0,10	1,01	0,18

ПК-17. Способен применять методы анализа прикладной области на концептуальном, логическом, математическом и алгоритмическом

уровнях

Эта	Код	Наименование
1	Б.2.Б.4	Информатика и программирование
1	Б.2.Б.5	Теория вероятностей и математическая статистика
	Б.2.ДВ.4.1	Численные методы
2	Б.3.Б.5	Базы данных
	Б.3.Б.6	Информационная безопасность
	Б.2.В.2	Математическая экономика
3		Курсовая работа по циклу «Информационные технологии и программирование ВМИП РСПСиИТ ИТ1 ИТ2»
	Б.2.В.4	Исследование операций
	Б.2.Б.3	Теория систем и системный анализ
4 Б.3.Б.8 Проектирование информационных систем		Проектирование информационных систем
	Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы

Задание	Оцен	Ошиб
	ка	ка
Автоматизированные_банковские_системы	-0,34	0,17
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	-2,14	0,26
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	0,26	0,24
Базы_данных	-1,02	0,16
Базы_данных_Р1	-3,87	0,26
Базы_данных_Р2	0,66	0,19
Информатика_и_программирование	-0,77	0,14
Информатика_и_программирование_Р1	-4,11	0,24
Информатика_и_программирование_Р2	1,74	0,21
Информационная_безопасность	-1,32	0,16
Информационная_безопасность_Р1	-5,13	0,28
Информационная_безопасность_Р2	1,94	0,20

Исследование_операций	-1,37	0,15
Исследование_операций_Р1	-3,56	0,24
Исследование_операций_Р2	0,71	0,19
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программ ированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2	-1,39	0,16
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программ ированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2Р1	-4,53	0,27
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программ ированиеВМИПРСПСиИТИТ1ИТ2Р2	1,45	0,20
Математическая_экономика	-0,66	0,15
Математическая_экономика_Р1	-3,37	0,25
Математическая_экономика_Р2	1,16	0,21
Проектирование_информационных_систем	-0,51	0,15
Проектирование_информационных_систем_Р1	-3,08	0,24
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,24	0,19
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика	0,51	0,33
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика_Р1	-1,64	0,51
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика_Р2	-0,68	0,52
Теория_систем_и_системный_анализ	-1,24	0,15
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	-2,69	0,22
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	0,34	0,19
Численные_методы	-1,36	0,16
Численные_методы_Р1	-5,06	0,28
Численные_методы_Р2	1,55	0,19

Задание	Уд	Xop	Отл
	Код ошибки	Код ошибк и	Код ошибки
Теория_систем_и_системный_анализ	-3,97	-0,96	1,22
Информатика_и_программирование	-4,88	0,65	1,93
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика	-1,39	0,04	2,88
Математическая_экономика	-4,04	0,27	1,80
Исследование_операций	-4,95	-0,75	1,58
Численные_методы	-6,42	0,07	2,27
Базы_данных	-4,90	-0,42	2,26
Информационная_безопасность	-6,44	0,41	2,08

Проектирование_информационных_систем	-3,62	-0,30	2,39
Автоматизированные_банковские_системы	-2,56	-0,16	1,70
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_технологии_и_программированиеВМИП_РСПСиИТ_ИТ1_ИТ2_	-5,91	-0,09	1,85

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
-----------	-----------	----

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Автоматизированные_банковские_системы	1,17	0,98	1,14	0,93
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	1,06	0,37	1,06	0,49
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	1,01	0,18	1,03	0,44
Базы_данных	0,79	-1,77	0,80	-1,86
Базы_данных_Р1	0,88	-0,34	0,88	-0,79
Базы_данных_Р2	0,83	-0,85	0,89	-2,00
Информатика_и_программирование	0,97	-0,16	0,96	-0,27
Информатика_и_программирование_Р1	0,95	-0,12	0,97	-0,17
Информатика_и_программирование_Р2	1,01	0,13	0,99	-0,04
Информационная_безопасность	1,60	2,86	1,35	2,52
Информационная_безопасность_Р1	1,97	1,80	1,20	1,23
Информационная_безопасность_Р2	1,25	0,90	1,11	1,28
Исследование_операций	0,97	-0,22	0,98	-0,12
Исследование_операций_Р1	0,87	-0,52	0,99	-0,06
Исследование_операций_Р2	1,10	0,56	1,04	0,68
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2	1,26	1,55	1,17	1,32
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2Р1	1,49	1,26	1,30	1,87
Курсовая_работа_по_циклуИнформационные_тех нологии_и_программированиеВМИПРСПСиИ ТИТ1ИТ2Р2	1,27	1,37	1,05	0,67
Математическая_экономика	0,78	-1,49	0,79	-1,70
Математическая_экономика_Р1	0,67	-1,50	0,84	-1,18

Математическая_экономика_Р2	0,95	-0,11	0,98	-0,21
Проектирование_информационных_систем	0,88	-1,00	0,90	-0,85
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,77	-1,07	0,82	-1,31
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,98	0,01	0,98	-0,40
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика	1,18	0,39	0,84	-0,50
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика _P1	1,34	0,68	1,12	0,49
Теория_вероятностей_и_математическая_статистика _P2	0,58	1,76	0,85	-0,78
Теория_систем_и_системный_анализ	1,01	0,10	1,06	0,51
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	0,99	0,01	0,97	-0,26
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	1,07	0,42	1,01	0,21
Численные_методы	0,85	-0,99	0,87	-1,11
Численные_методы_Р1	0,80	-0,38	0,96	-0,24
Численные_методы_Р2	0,93	-0,28	0,95	-0,72

ПК-18. Способен анализировать и выбирать методы и средства обеспечения информационной безопасности

Этап	Код	Наименование
1	Б.2.Б.4	Информатика и программирование
2	Б.3.Б.6	Информационная безопасность
2	Б.3.ДВ.1.1	Автоматизированные банковские системы
3	Б.3.В.9	Защита информации в банках

Задание	Оценка	Ошибка
Автоматизированные_банковские_системы	-0,53	0,15
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	-1,59	0,24
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	0,26	0,23
Защита_информации_в_банках	-0,31	0,18
Защита_информации_в_банках_Р1	-3,30	0,35
Защита_информации_в_банках_Р2	0,99	0,25
Информатика_и_программирование	-0,65	0,12
Информатика_и_программирование_Р1	-3,03	0,21
Информатика_и_программирование_Р2	1,60	0,20

Информационная_безопасность	-1,17	0,13
Информационная_безопасность_Р1	-3,98	0,24
Информационная_безопасность_Р2	1,77	0,20

Задание	Уд	Xop	Отл
Автоматизированные_банковские_системы	-2,25	-0,38	1,05
Защита_информации_в_банках	-3,62	0,50	2,20
Информатика_и_программирование	-3,69	0,43	1,31
Информационная_безопасность	-5,15	0,24	1,41

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Информатика_и_программирование	Информационная_безопасность	-0,06
Информационная_безопасность	Автоматизированные_банковские_системы	-0,32
Информатика_и_программирование	Защита_информации_в_банках	-0,31
Защита_информации_в_банках	Автоматизированные_банковские_системы	-0,16
Информационная_безопасность	Защита_информации_в_банках	-0,25
Информатика_и_программирование	Автоматизированные_банковские_системы	-0,22

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Автоматизированные_банковские_системы	1,03	0,23	1,04	0,28
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	0,99	-0,06	0,99	-0,07
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	1,00	0,01	1,00	-0,01
Защита_информации_в_банках	1,11	0,66	1,10	0,64
Защита_информации_в_банках_Р1	1,27	0,84	1,12	0,56
Защита_информации_в_банках_Р2	0,93	-0,43	0,97	-0,28
Информатика_и_программирование	0,93	-0,49	0,96	-0,39
Информатика_и_программирование_Р1	0,93	-0,39	0,95	-0,38
Информатика_и_программирование_Р2	0,98	-0,06	1,00	0,04
Информационная_безопасность	0,97	-0,18	0,98	-0,13
Информационная_безопасность_Р1	0,98	-0,03	1,00	0,01
Информационная_безопасность_Р2	0,99	-0,09	0,99	-0,13

ПК-19. Способен анализировать рынок программно-технических средств, информационных продуктов и услуг для решения прикладных задач и создания информационных систем

Эта	Код	Наименование		
	Б.3.ДВ.4.	Основы организации цифровых систем обработки		
1	1	информации		
1	Б.1.ДВ.5.			
	1	Маркетинг		
	Б.3.ДВ.4.			
2	2 2 Компьютерные сети			
	Б.2.Б.4	Информатика и программирование		
3	Б.2.ДВ.2.			
3	1	Мультимедиа технологии		
	Б.2.ДВ.1.			
4	1	Модели и методы прогнозирования		
4	Б.2.В.1	Имитационное моделирование		
	Б.3.В.3	Сетевая экономика		
5	Б.3.В.6	Предметно-ориентированные информационные системы		

Задание	Оценка	Ошибка
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации	-1,65	0,30
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации_Р1	-2,90	0,46
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации_Р2	0,72	0,41
Имитационное_моделирование	-0,43	0,45
Имитационное_моделирование_Р1	5,59	0,71
Имитационное_моделирование_Р2	-7,29	0,71
Исследование_операций	-1,13	0,14
Исследование_операций_Р1	-2,94	0,22
Исследование_операций_Р2	0,61	0,18
Компьютерные_сети	-3,56	0,16
Компьютерные_сети_Р1	-5,12	0,21
Компьютерные_сети_Р2	1,62	0,20
Маркетинг	-3,00	0,13
Маркетинг_Р1	-6,61	0,22
Маркетинг_Р2	2,76	0,18
Модели_и_методы_прогнозирования	-0,76	0,14

Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	-2,90	0,24
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,83	0,20
Мультимедиа_технологии	-0,83	0,28
Мультимедиа_технологии_Р1	-2,16	0,47
Мультимедиа_технологии_Р2	1,51	0,56
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации	-1,09	0,12
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации_Р	-2,30	0,19
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации_P 2	0,31	0,17
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы	-1,79	0,16
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы_Р1	-1,68	0,21
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы_Р2	-0,26	0,20
Сетевая_экономика	-1,58	0,14
Сетевая_экономика_Р1	-2,43	0,22
Сетевая_экономика_Р2	0,61	0,20

Задание	Уд	Xop	Отл
Вычислительные_системысети_и_телекоммуникации	-4,57	-1,08	0,71
Имитационное_моделирование	-1,32	-1,32	1,28
Исследование_операций	-4,09	-0,63	1,35
Компьютерные_сети	-8,68	-2,06	0,07
Маркетинг	-9,60	-0,47	1,09
Модели_и_методы_прогнозирования	-3,68	-0,11	1,52
Мультимедиа_технологии	-3,01	-0,04	0,58
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации	-3,45	-0,86	1,05
Предметно_ориентированные_экономические_информационные_си стемы	-3,66	-1,97	0,24
Сетевая_экономика	-4,05	-1,13	0,45

Статистики

Задание 1	Задание 2	Q3
Имитационное_моделирование	Основы_организации_цифровых_систе	-0,83

	м_обработки_информации	
Имитационное_моделирование	Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	0,46
Исследование_операций	Мультимедиа_технологии	-0,43
Модели_и_методы_прогнозирования	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	0,09
Маркетинг	Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	-0,41
Мультимедиа_технологии	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,37
Исследование_операций	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	0,02
Исследование_операций	Модели_и_методы_прогнозирования	0,02
Имитационное_моделирование	Мультимедиа_технологии	-0,34
Модели_и_методы_прогнозирования	Компьютерные_сети	-0,32
Маркетинг	Мультимедиа_технологии	-0,01
Исследование_операций	Сетевая_экономика	-0,30
Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,30
Исследование_операций	Компьютерные_сети	-0,03
Мультимедиа_технологии	Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	-0,04
Маркетинг	Имитационное_моделирование	-0,05
Имитационное_моделирование	Исследование_операций	-0,05
Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	Компьютерные_сети	-0,07
Маркетинг	Сетевая_экономика	-0,25
Сетевая_экономика	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-0,08
Маркетинг	Модели_и_методы_прогнозирования	-0,08
Исследование_операций	Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	-0,23
Маркетинг	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,23
Модели_и_методы_прогнозирования	Сетевая_экономика	-0,10
Маркетинг	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	-0,10
Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	Компьютерные_сети	-0,19
Сетевая_экономика	Основы_организации_цифровых_систе	-0,19

	м_обработки_информации	
Модели_и_методы_прогнозирования	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,14
Маркетинг	Исследование_операций	-0,18
Сетевая_экономика	Компьютерные_сети	-0,14
Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,14
Маркетинг	Компьютерные_сети	-0,15
Исследование_операций	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,17
Имитационное_моделирование	Модели_и_методы_прогнозирования	NaN
Имитационное_моделирование	Сетевая_экономика	NaN
Имитационное_моделирование	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	NaN
Имитационное_моделирование	Компьютерные_сети	NaN
Модели_и_методы_прогнозирования	Мультимедиа_технологии	NaN
Модели_и_методы_прогнозирования	Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	NaN
Мультимедиа_технологии	Сетевая_экономика	NaN
Мультимедиа_технологии	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	NaN
Мультимедиа_технологии	Компьютерные_сети	NaN
Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	Сетевая_экономика	NaN
Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	Предметно_ориентированные_экономи ческие_информационные_системы	NaN
Вычислительные_системысети_и_тел екоммуникации	Компьютерные_сети	NaN

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции	0,83	-0,62	0,84	-0,66
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции_Р1	1,06	0,22	1,11	0,50
Вычислительные_системысети_и_телекоммуника ции_Р2	0,89	-0,29	0,97	-0,23
Имитационное_моделирование	0,85	0,05	1,02	0,15
Имитационное_моделирование_Р1	0,99	0,18	1,05	0,25
Имитационное_моделирование_Р2	0,99	0,18	1,05	0,25

Изаналарания анарамий	0.01	0.70	0.02	0.70
Исследование_операций	0,91	-0,70	0,92	-0,70
Исследование_операций_Р1	0,98	-0,06	1,02	0,18
Исследование_операций_Р2	0,96	-0,40	0,98	-0,34
Компьютерные_сети	1,13	0,75	1,04	0,34
Компьютерные_сети_Р1	1,15	0,78	1,11	1,11
Компьютерные_сети_Р2	1,18	1,27	1,09	1,39
Маркетинг	1,30	1,93	1,07	0,67
Маркетинг_Р1	1,11	0,33	0,95	-0,40
Маркетинг_Р2	1,32	2,58	1,05	0,86
Модели_и_методы_прогнозирования	0,76	-1,93	0,79	-1,89
Модели_и_методы_прогнозирования_Р1	0,69	-1,74	0,78	-1,78
Модели_и_методы_прогнозирования_Р2	0,94	-0,42	0,97	-0,38
Мультимедиа_технологии	0,88	-0,27	0,92	-0,28
Мультимедиа_технологии_Р1	0,88	-0,39	0,93	-0,35
Мультимедиа_технологии_Р2	0,92	0,14	1,00	0,12
Основы_организации_цифровых_систем_обработки _информации	1,13	1,11	1,12	1,15
Основы_организации_цифровых_систем_обработки _информации_P1	1,11	0,85	1,09	0,94
Основы_организации_цифровых_систем_обработки _информации_P2	1,04	0,37	1,03	0,61
Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы	0,78	-1,38	0,85	-1,10
Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы_P1	0,82	-1,33	0,87	-1,42
Предметно_ориентированные_экономические_инфо рмационные_системы_P2	0,84	-1,30	0,91	-1,52
Сетевая_экономика	1,13	0,78	1,15	1,23
Сетевая_экономика_Р1	1,10	0,66	1,06	0,56
Сетевая экономика Р2	0,91	-0,68	0,96	-0,59

ПК-20. Способен выбирать необходимые для организации информационные ресурсы и источники знаний в электронной среде

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.В.3	Сетевая экономика
2 Б.3.ДВ.3.2		Мировые информационные ресурсы

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Мировые_информационные_ресурсы		0,17
Мировые_информационные_ресурсы_Р1	-8,11	0,29
Мировые_информационные_ресурсы_Р2	3,14	0,20
Сетевая_экономика	-2,19	0,16
Сетевая_экономика_Р1	-3,08	0,23
Сетевая_экономика_Р2	0,67	0,21

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Мировые_информационные_ресурсы	-11,24	-0,12	1,97
Сетевая_экономика	-5,30	-1,65	0,36

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Сетевая_экономика	Мировые_информационные_ресурсы	-0,49

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Мировые_информационные_ресурсы	0,94	-0,27	0,98	-0,14
Мировые_информационные_ресурсы_Р1	1,01	0,30	0,99	-0,08
Мировые_информационные_ресурсы_Р2	0,94	-0,30	0,98	-0,26
Сетевая_экономика	1,00	-0,07	0,98	-0,13
Сетевая_экономика_Р1	1,00	-0,03	1,00	-0,02
Сетевая_экономика_Р2	0,98	-0,18	0,98	-0,22

ПК-21. Способен применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.ДВ.2.1	Основы алгоритмизации
2	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем

3 Б.2.В.4 Б.2.В.2		Б.2.В.4	Исследование операций
		Б.2.В.2	Математическая экономика
	4	Б.2.Б.3	Теория систем и системный анализ
	4	Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Интеллектуальные_информационные_системы	-2,34	0,18
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	-2,53	0,23
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	-0,20	0,21
Исследование_операций	-1,63	0,16
Исследование_операций_Р1	-3,92	0,24
Исследование_операций_Р2	0,72	0,19
Математическая_экономика	-0,78	0,16
Математическая_экономика_Р1	-3,74	0,26
Математическая_экономика_Р2	1,20	0,21
Проектирование_информационных_систем	-0,69	0,16
Проектирование_информационных_систем_Р1	-3,43	0,25
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,24	0,19
Теория_систем_и_системный_анализ	-1,54	0,15
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	-3,06	0,23
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	0,38	0,19

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Интеллектуальные_информационные_системы	-4,96	-2,51	0,44
Исследование_операций	-5,55	-0,97	1,64
Математическая_экономика	-4,52	0,24	1,96
Проектирование_информационных_систем	-4,14	-0,47	2,55
Теория_систем_и_системный_анализ	-4,63	-1,21	1,24

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Математическая_экономика	Проектирование_информационных_сис тем	-0,04

Теория_систем_и_системный_анализ	Исследование_операций	-0,33
Исследование_операций	Проектирование_информационных_сис тем	-0,28
Теория_систем_и_системный_анализ	Математическая_экономика	-0,27
Математическая_экономика	Исследование_операций	-0,14
Проектирование_информационных_сис тем	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,14
Теория_систем_и_системный_анализ	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,15
Исследование_операций	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,25
Математическая_экономика	Интеллектуальные_информационные_с истемы	-0,22
Теория_систем_и_системный_анализ	Проектирование_информационных_сис тем	-0,22

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Интеллектуальные_информационные_системы	0,90	-0,46	0,93	-0,51
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	0,94	-0,23	1,01	0,12
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	0,96	-0,14	1,02	0,24
Исследование_операций	1,11	0,75	1,11	0,90
Исследование_операций_Р1	1,36	1,19	1,14	1,00
Исследование_операций_Р2	1,00	0,05	1,02	0,39
Математическая_экономика	0,86	-0,88	0,84	-1,22
Математическая_экономика_Р1	0,84	-0,57	0,96	-0,27
Математическая_экономика_Р2	0,98	0,09	0,99	-0,13
Проектирование_информационных_систем	0,86	-1,13	0,88	-1,01
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,87	-0,44	0,86	-0,97
Проектирование_информационных_систем_Р2	1,12	0,33	0,94	-0,85
Теория_систем_и_системный_анализ	1,00	0,06	1,07	0,57
Теория_систем_и_системный_анализ_Р1	1,03	0,18	0,97	-0,21
Теория_систем_и_системный_анализ_Р2	0,93	-0,22	0,99	-0,08

ПК-22. Способен готовить обзоры научной литературы и электронных информационно-образовательных ресурсов для профессиональной деятельности

Этап	Код	Наименование
1	Б.3.ДВ.4.	Основы организации цифровых систем обработки
1	1	информации
	Б.3.ДВ.4.	
2	2	Компьютерные сети
	Б.3.В.5	Актуарные расчеты и страхование
3	Б.3.Б.8	Проектирование информационных систем
3	Б.3.В.3	Сетевая экономика
	Б.3.В.4	Интеллектуальные информационные системы
	Б.3.ДВ.1.	
4	1	Автоматизированные банковские системы
	Б.3.ДВ.1.	
	2	Налогообложение
5	Б.3.ДВ.3.	
3	2	Мировые информационные ресурсы

Оценки параметров заданий

Задание	Оценка	Ошибка
Автоматизированные_банковские_системы	-0,39	0,17
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	-2,00	0,26
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	0,26	0,24
Актуарные_расчеты_и_страхование	0,58	0,39
Актуарные_расчеты_и_страхование_Р1	-3,23	0,56
Актуарные_расчеты_и_страхование_Р2	1,29	0,66
Интеллектуальные_информационные_системы	-1,84	0,16
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	-1,99	0,22
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	-0,18	0,20
Компьютерные_сети	-3,70	0,16
Компьютерные_сети_Р1	-5,43	0,21
Компьютерные_сети_Р2	1,73	0,20
Мировые_информационные_ресурсы	-2,70	0,16
Мировые_информационные_ресурсы_Р1	-7,39	0,28
Мировые_информационные_ресурсы_Р2	2,97	0,20
Налогообложение	-0,97	0,15
Налогообложение_Р1	-3,64	0,26
Налогообложение_Р2	1,27	0,21
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации	-1,13	0,12
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации_Р	-2,38	0,19

1		
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информации_P 2	0,31	0,17
Проектирование_информационных_систем	-0,41	0,14
Проектирование_информационных_систем_Р1	-2,65	0,23
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,20	0,18
Сетевая_экономика	-1,64	0,15
Сетевая_экономика_Р1	-2,61	0,22
Сетевая_экономика_Р2	0,67	0,20

Threshold-параметры

Задание	Уд	Xop	Отл
Автоматизированные_банковские_системы	-2,48	-0,21	1,52
Актуарные_расчеты_и_страхование	-2,67	1,56	2,84
Интеллектуальные_информационные_системы	-3,96	-1,97	0,42
Компьютерные_сети	-9,13	-2,09	0,12
Мировые_информационные_ресурсы	-10,08	0,09	1,91
Налогообложение	-4,62	0,08	1,64
Основы_организации_цифровых_систем_обработки_информаци и	-3,57	-0,90	1,08
Проектирование_информационных_систем	-3,11	-0,25	2,14
Сетевая_экономика	-4,29	-1,14	0,50

Статистики

LID-анализ

Задание 1	Задание 2	Q3
Актуарные_расчеты_и_страхование	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,52
Проектирование_информационных_систем	Интеллектуальные_информационные_ системы	0,09
Проектирование_информационных_систем	Автоматизированные_банковские_сист емы	0,07
Сетевая_экономика	Мировые_информационные_ресурсы	0,07
Интеллектуальные_информационные_систе мы	Налогообложение	0,02
Автоматизированные_банковские_системы	Компьютерные_сети	-0,30
Проектирование_информационных_систем	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,27

Основы_организации_цифровых_систем_об работки_информации	Компьютерные_сети	-0,01
Интеллектуальные_информационные_систе мы	Компьютерные_сети	-0,27
Проектирование_информационных_систем	Налогообложение	-0,02
Налогообложение	Компьютерные_сети	-0,02
Мировые_информационные_ресурсы	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,25
Интеллектуальные_информационные_систе мы	Автоматизированные_банковские_сист емы	-0,03
Сетевая_экономика	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,24
Интеллектуальные_информационные_систе мы	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,23
Интеллектуальные_информационные_систе мы	Мировые_информационные_ресурсы	-0,06
Проектирование_информационных_систем	Мировые_информационные_ресурсы	-0,21
Налогообложение	Мировые_информационные_ресурсы	-0,08
Мировые_информационные_ресурсы	Компьютерные_сети	-0,19
Сетевая_экономика	Налогообложение	-0,19
Автоматизированные_банковские_системы	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,19
Сетевая_экономика	Компьютерные_сети	-0,18
Сетевая_экономика	Интеллектуальные_информационные_ системы	-0,17
Автоматизированные_банковские_системы	Налогообложение	-0,16
Налогообложение	Основы_организации_цифровых_систе м_обработки_информации	-0,16
Сетевая_экономика	Автоматизированные_банковские_сист емы	-0,15
Проектирование_информационных_систем	Компьютерные_сети	-0,13
Проектирование_информационных_систем	Актуарные_расчеты_и_страхование	-0,14
Проектирование_информационных_систем	Сетевая_экономика	-0,14
Автоматизированные_банковские_системы	Мировые_информационные_ресурсы	-0,14
Сетевая_экономика	Актуарные_расчеты_и_страхование	NaN
Интеллектуальные_информационные_систе мы	Актуарные_расчеты_и_страхование	NaN
Актуарные_расчеты_и_страхование	Автоматизированные_банковские_сист емы	NaN
Актуарные_расчеты_и_страхование	Налогообложение	NaN

Актуарные_расчеты_и_страхование	Мировые_информационные_ресурсы	NaN
Актуарные_расчеты_и_страхование	Компьютерные_сети	NaN

Fit-анализ

Задание	Outfit	Outfit t	Infit	Infit t
Автоматизированные_банковские_системы	0,99	-0,02	0,98	-0,13
Автоматизированные_банковские_системы_Р1	0,86	-0,87	0,88	-0,99
Автоматизированные_банковские_системы_Р2	1,02	0,18	1,02	0,22
Актуарные_расчеты_и_страхование	1,06	0,24	1,03	0,14
Актуарные_расчеты_и_страхование_Р1	1,17	0,41	1,10	0,35
Актуарные_расчеты_и_страхование_Р2	1,00	0,59	1,05	0,23
Интеллектуальные_информационные_системы	0,95	-0,31	0,89	-0,80
Интеллектуальные_информационные_системы_Р1	0,96	-0,24	0,94	-0,65
Интеллектуальные_информационные_системы_Р2	1,01	0,05	0,97	-0,48
Компьютерные_сети	1,21	1,15	1,12	1,00
Компьютерные_сети_Р1	1,21	0,95	1,14	1,43
Компьютерные_сети_Р2	1,22	1,42	1,12	1,77
Мировые_информационные_ресурсы	0,97	-0,14	0,99	-0,03
Мировые_информационные_ресурсы_Р1	0,96	0,12	1,02	0,13
Мировые_информационные_ресурсы_Р2	0,98	-0,10	1,00	-0,01
Налогообложение	0,81	-1,35	0,81	-1,55
Налогообложение_Р1	0,79	-0,75	0,91	-0,61
Налогообложение_Р2	0,90	-0,56	0,94	-0,79
Основы_организации_цифровых_систем_обработки _информации	1,20	1,60	1,18	1,70
Основы_организации_цифровых_систем_обработки _информации_P1	1,15	1,05	1,11	1,08
Основы_организации_цифровых_систем_обработки _информации_Р2	1,20	1,30	1,05	1,05
Проектирование_информационных_систем	0,84	-1,42	0,86	-1,29
Проектирование_информационных_систем_Р1	0,77	-1,26	0,84	-1,23
Проектирование_информационных_систем_Р2	0,95	-0,30	0,97	-0,63
Сетевая_экономика	1,04	0,25	1,06	0,47
Сетевая_экономика_Р1	0,96	-0,17	0,97	-0,25
Сетевая_экономика_Р2	0,90	-0,65	0,96	-0,56

Свидетельство о регистрации

RECEIVATION RANDENSSOC



Свидетельство о регистрации

POCCHÜCKAN ФЕДЕРАЦИЯ

