

Национальная Академия Наук Азербайджана  
**ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**МАСУМА МАМЕДОВА**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
РЫНКОМ ТРУДА ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ**

**Баку-2019**

**Мамедова Масума Гусейн. Интеллектуальное управление рынком труда ИТ-специалистов, Баку: Издательство «Информационные Технологии», 2019, 298 с.**

Рассмотрены концептуальные и методологические основы интеллектуального управления ИТ-сегментом рынка труда в условиях неопределенности среды его функционирования и нарастающего дисбаланса спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Представлены авторская трактовка понятия «интеллектуальное управление рынком труда ИТ-специалистов» и соответствующий комплекс моделей и методов поддержки принятия решений по согласованию спроса и предложения на человеческие ресурсы в сфере ИТ в профессионально-квалификационном, количественном и качественном срезам по различным уровням иерархии управления.

Для специалистов в области теории и практики управления и принятия решений в условиях неопределенности, научных сотрудников, преподавателей и студентов в сфере ИТ, а также госслужащих и менеджеров, заинтересованных в получении научно обоснованной информации о ситуации в ИТ-сегменте рынка труда.

***Научный редактор:*** академик Расим Алгулиев

***Рецензенты:*** академик Али Аббасов  
профессор Алекпер Алиев

Рекомендовано к изданию Ученым советом Института Информационных Технологий Национальной Академии Наук Азербайджана

ISBN: 978-9952-530-01-8

© Издательство «Информационные Технологии» 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

Сокращения .....	6
Введение .....	7
<b>Глава I. Теоретико-методологические подходы к управлению рынком труда в условиях информационного общества .....</b>	<b>12</b>
1.1. Методологические подходы к определению спроса и предложения на рынке труда .....	13
1.2. Трансформации рынка труда в условиях развития информационного общества .....	25
1.3. Обзор исследований в сфере моделирования рынка труда .....	31
1.4. Объектно-ориентированный анализ рынка труда ИТ-специалистов .....	36
1.5. Анализ новых тенденций в управлении спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов .....	40
1.5.1. Инновационные подходы к процессам подбора и найма ИТ-специалистов .....	42
1.5.2. Проблема дисбаланса спроса и предложения и новая типология рассогласованности на рынке труда .....	44
<b>Глава II. Концептуальные основы интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов .....</b>	<b>50</b>
2.1. Разработка концепции интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов .....	51
2.2. Разработка обобщенной модели интеллектуальной системы управления рынком труда ИТ-специалистов .....	61
2.3. Индикаторы, характеризующие спрос и предложение на рынке труда ИТ-специалистов ...	67

2.4.	Функциональная схема системы интеллектуального управления рынком труда ИТ-специалистов .....	76
<b>Глава III.</b>	<b>Модели и методы интеллектуального управления согласованием спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда на микроуровне .....</b>	<b>79</b>
3.1.	Многоитерационный скрининговый подход к управлению спросом и предложением на ИТ-специалистов .....	80
3.2.	Нечеткий мультисценарный метод согласования спроса и предложения в процессе трудоустройства ИТ-специалистов	90
3.3.	Разработка метода нечеткого ситуационного управления рассогласованием спроса и предложения на ИТ-специалистов .....	99
3.4.	Реализация процесса согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе расчета степени нечеткого равенства ситуаций ...	108
<b>Глава IV.</b>	<b>Модели и методы управления дисбалансом спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда на макроуровне .....</b>	<b>139</b>
4.1.	Разработка методов оценки спроса на ИТ-специальности при нечеткой исходной информации .....	140
4.1.1.	Метод нечеткого многокритериального принятия индивидуальных экспертных решений по выбору приоритетных ИТ-специальностей .....	142
4.1.2.	Метод нечеткого многокритериального принятия коллективных экспертных решений по выбору приоритетных ИТ-специальностей...	144
4.1.3.	Результаты эмпирического эксперимента по оценке спроса на ИТ-специальности .....	147

4.2.	Метод управления количественным дисбалансом спроса и предложения на ИТ-специалистов на макроуровне .....	150
4.2.1.	Конъюнктура рынка труда ИТ-специалистов ...	154
4.2.2.	Подходы к минимизации дисбаланса спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов...	156
4.3.	Разработка метода оценки степени дисбаланса спроса и предложения на основе нечеткой шкалы рассогласованности .....	158
4.4.	Алгоритм нечеткой классификации состояний дисбаланса .....	163
<b>Глава V.</b>	<b>Спрос и предложение на рынке труда ИТ-специалистов в Азербайджане .....</b>	<b>167</b>
5.1.	Человеческие ресурсы в сфере ИТ, занятые в экономике различных стран .....	169
5.2.	Современное состояние и тенденции развития рынка ИКТ в Азербайджане .....	175
5.3.	Разработка методики оценки общей численности ИТ-специалистов в Азербайджане .....	186
5.4.	Разработка методики анализа ИТ-профильного образования и согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов .....	207
5.5.	Анализ спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана (качественные аспекты) .....	223
5.6.	Анализ спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе результатов мониторинга открытых интернет-ресурсов .....	241
5.7.	Оценка оттока ИТ-специалистов в другие сферы профессиональной деятельности .....	247
	<b>Заключение .....</b>	<b>253</b>
	<b>Литература .....</b>	<b>261</b>
	<b>Приложение .....</b>	<b>287</b>

## СОКРАЩЕНИЯ

- ВЭД – виды экономической деятельности
- ГКПС – Государственный комитет по приему студентов
- ГКС – Государственный комитет по статистике
- ИКТ – информационно-коммуникационные технологии
- ИО – информационное общество
- ИТ – информационные технологии
- ЛПР – лицо, принимающее решение
- МСВТ – Министерство связи и высоких технологий
- ПО – программное обеспечение
- РТ – рынок труда
- ССО – среднее специальное образование

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особая роль информационных технологий (ИТ) в развитии как мировой, так и национальной экономики, стимулировании роста производительности, конкурентоспособности и инновационного потенциала отраслей и предприятий не вызывает сомнений. Стремительное развитие высоких технологий, Интернета, веб-приложений способствует проникновению ИТ в различные сферы человеческой деятельности, расширению информационной экономики и доступу населения к различным информационным ресурсам, совершенствованию государственного управления и повышению качества и прозрачности оказываемых услуг и т.п. Темпы роста ИТ-индустрии и превращение информации в глобальный ресурс обусловили резко возросший на рынке труда спрос на ИТ-специалистов, который в настоящее время во многих странах мира намного превышает предложение на них. Так, например, согласно [171, 176, 180, 181, 237] в Европе спрос на ИТ-специалистов ежегодно растет примерно на 3–4% и опережает их предложение. По прогнозам экспертов число ИТ-вакансий к 2020 году может увеличиться от 750 000 до одного миллиона против 274 000 в 2013 г. Наблюдаемый практически во всех 27 странах Евросоюза дефицит ИТ-специалистов происходит на фоне сокращения численности лиц, получающих в Европе высшее ИТ-профильное, а также инженерно-техническое и естественнонаучное образование. Поэтому многие из этих потенциальных вакансий, вероятно, останутся незаполненными, если не будут предприняты меры по привлечению молодых людей к ИТ-образованию и переобучению. Рост спроса на ИТ-специалистов и их недостаточное предложение наблюдаются и в таких развитых странах, как США и Канада [244, 247]. Страны СНГ, в том числе и Азербайджан, активно интегрирующиеся в глобальное информационное общество (ИО), также столкнулись с проблемой несоответствия спроса

и предложения на ИТ-специалистов [44, 60, 104].

Вопросы управления человеческими ресурсами в соответствии со спросом на рынке труда, развития подходов, методологий и инструментов анализа динамики рынка труда, прогнозирования перспективной потребности в кадрах и согласования спроса и предложения на них в различных отраслях национальной экономики, в том числе и в сегменте ИТ, являются сегодня достаточно актуальными во многих развитых странах. При этом ряд проблем в вопросах управления спросом и предложением на ИТ-специалистов требуют устранения их количественного и структурного дисбаланса. Другая, более значимая часть сводится к необходимости идентификации и согласования качественных параметров спроса на основе требований конкретных потребителей ИТ-услуг (работодателей) к электронным навыкам (э-навыкам). Высокая динамичность сферы ИТ, необходимость непрерывного обновления профессиональных знаний и умений ИТ-специалистов порождают несоответствие между структурой и качеством подготовки специалистов (предложением) и потребностью рынка труда в профессионально-квалификационном и компетентностном разрезе, а также на различных уровнях управления.

Несмотря на общность подходов к оценке роли ИТ в социально-экономическом развитии стран и к пониманию необходимости принятия мер по сокращению дефицита э-навыков, вопросам системного анализа рынка труда ИТ-специалистов, разработки адекватных технологий и методов поддержки принятия управленческих решений по сокращению рассогласованности спроса и предложения на ИТ-специалистов, учитывающих специфику данного сектора экономики, в научной литературе не уделено достаточного внимания. Причинами этого являются: 1) «мягкий» (слабоструктурируемый) характер рынка труда как объекта управления; 2) специфичность «товара», в качестве которого выступает интеллектуальный потенциал ИТ-специалиста; 3) формирование спроса и предложения на ИТ-специалистов

под воздействием множества факторов неопределенности (неполноты, неточности, недостоверности, неоднозначности, избыточности данных), существенно затрудняющих формализацию и моделирование процессов их взаимодействия; 4) отсутствие удовлетворительных подходов и методик анализа человеческих ресурсов в сфере ИТ через призму обеспечения качественной и количественной сбалансированности спроса и предложения в профессионально-квалификационном разрезе и на различных уровнях управления; 5) фрагментарность исследований рынка труда ИТ-специалистов, акцент в которых сделан, в основном, на решение прикладных проблем.

Наиболее значимыми типами неопределенностей, затрудняющих разработку инструментария, адекватно отражающего специфику среды функционирования ИТ-сегмента рынка труда, являются: 1) неопределенности, вызванные информационным дефицитом, т.е. отсутствием, неполнотой и неточностью информации о количественных и качественных характеристиках спроса и предложения; 2) неопределенности, вызванные высокой избыточностью информации, затрудняющие распознавание релевантной проблемной ситуации в огромном потоке информации; 3) лингвистические неопределенности, связанные с неоднозначной интерпретацией качественных показателей, характеризующих ИТ-специалистов, и их градации; 4) неопределенность, связанная с отсутствием достаточной статистической информации о составляющих ИТ-сегмент рынка труда, что не позволяет использовать вероятностные модели оценки; 5) неопределенности, связанные с разной степенью уверенности экспертов при оценке тех или иных параметров рынка труда.

Наличие неопределенностей среды управления делает применение детерминированных или вероятностных моделей неэффективным. Это обуславливает необходимость оперирования со слабоформализованными процессами и приводит к необходимости разработки нечетких моделей и методов управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-

специалистов в условиях неопределенности. Таким образом, специфика объекта, недостаточный уровень изученности процессов управления спросом и предложением в ИТ-сегменте рынка труда, дискуссионность имеющихся методологических подходов и теоретических основ функционирования и развития рынка труда ИТ-специалистов в условиях нарастающей его несбалансированности, а также практическая значимость проблемы для развития национальной экономики определили актуальность проведения исследования, посвященного разработке концептуальных основ, моделей и методов интеллектуального управления спросом и предложением в ИТ-сегменте рынка труда.

В настоящей монографии представлены результаты данного исследования, охватывающие теоретико-методологические основы интеллектуального управления ИТ-сегментом рынка труда в условиях социально-экономической неопределенности, и инструментарий поддержки принятия управленческих решений по сокращению рассогласованности спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Структурно работа разбита на пять глав.

**В первой главе** дан анализ теоретико-методологических основ управления спросом и предложением на рынке труда в условиях ИО.

**Вторая глава** посвящена вопросам разработки концептуальных основ интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов.

**В третьей главе** рассмотрены модели и методы интеллектуального управления ИТ-сегментом рынка труда, позволяющие оценить качественные аспекты несоответствия спроса и предложения на ИТ-специалистов на микроуровне.

**Четвертая глава** посвящена вопросам управления количественными аспектами согласования спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов на макроуровне.

**В пятой главе** исследовано состояние спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаю глубокую благодарность научному редактору, директору Института информационных технологий НАНА, академику Расиму Алгулиеву за неоценимую помощь в появлении этой монографии.

Искренне благодарю моих рецензентов – академика Али Аббасова и доктора технических наук, профессора Алекпера Алиева за их ценные советы, предложения и комментарии.

Особую благодарность адресую коллегам – доктору философии по технике, доценту Зарифе Джабраиловой и ИТ-специалисту Фаику Мамедзаде, которые поддерживали мои идеи и стали моими единомышленниками.

Искренне признательна коллективу издательства «Информационные технологии» – техническим редакторам Анару Самидову и Зульфие Ганифаевой, специалисту по компьютерному дизайну Васифу Махарову за помощь в подготовке и оформлении книги к печати, а также Минаре Манафлы за профессиональную работу по компьютерной верстке и Гюляре Мамедовой за усердную корректорскую правку монографии.

## **ГЛАВА I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РЫНКОМ ТРУДА В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА**

Рыночная экономика является формой экономической организации общества и базируется на функционировании системы разных рынков. Однозначного и исчерпывающего определения термина «рынок» в литературе нет. Существует бесчисленное множество рынков, каждый из которых выполняет свою определенную функцию. Обобщенно под понятием «рынок» подразумевается система разнообразных экономических отношений между производителями и потребителями в производственном, распределительном, обменном и потребительском процессах, основанная на множестве принципов, главным из которых является свобода экономической деятельности [24, 162]. Иначе говоря, рынок – это: 1) место, где сталкиваются спрос и предложение на какие-либо товары, 2) совокупность взаимоотношений между покупателем и продавцом, складывающихся в процессе купли-продажи товаров, 3) совокупность государственных и негосударственных институтов, регулирующих рыночные отношения [133].

Экономическая система рыночного типа может быть представлена совокупностью взаимосвязанных рынков, охватывающих разнообразные области человеческой деятельности, в т.ч. рынка товаров и услуг, рынка труда, финансового рынка (валютный рынок и рынок ценных бумаг) [61, 132]. В этой системе особое место занимает рынок труда, специфические особенности которого выделяют его среди остальных рынков.

На рынке труда действуют те же субъекты, что и на прочих рынках. Однако, в отличие от других рынков, по своим свойствам рынок труда можно отнести к социально-экономическим («мягким») системам. Социальной системой

этот рынок является потому, что его ключевыми ресурсами являются человек, интеллектуальный потенциал, личностные и психофизиологические качества, предпочтения последнего, без учета которых управление социальной системой будет неэффективным [37, 129, 143, 153, 162].

Экономический характер рынка труда выражен в том, что знания и профессиональные умения трудовых ресурсов направлены на развитие производительности, конкурентоспособности и инновационного потенциала отраслей и предприятий.

### **1.1. Методологические подходы к определению спроса и предложения на рынке труда**

Рынок труда в наиболее общем смысле определяется как экономическая категория, охватывающая лиц, претендующих на рабочие места, и лиц, желающих взять работника на свободные рабочие места (вакансии) [48, 63, 125].

На сегодня в научной литературе [53, 64, 125, 132] нет однозначной трактовки понятия «рынок труда». Многочисленные определения акцентируют внимание на определенных аспектах рынка труда и отражают его узкое или расширенное понимание. Приведем некоторые из них.

Рынок труда в узком понимании рассматривается как один из механизмов взаимодействия и согласования спроса на рабочую силу и ее предложения. Рынок труда в широком смысле является системой социально-трудовых отношений, возникающих между работодателями – носителями различных видов деятельности (учреждениями, предприятиями, организациями, компаниями и т.д.), индивидами и различными социальными группами по поводу найма, оплаты и условий труда, социальных гарантий и социальной защиты и т.п. [41, 161].

«Рынок труда выполняет функцию связующего звена между формированием (подготовкой) рабочей силы и ее использованием, обеспечивая тем самым более обоснованный выбор профессии с учетом способностей и желаний

личности, а также общественных потребностей» [53, 152].

Рынок труда как составная часть рыночной экономики представляет собой систему общественных отношений с согласованными интересами работодателей и наемной рабочей силы. Рынок труда – это, во-первых, совокупность экономических отношений между спросом и предложением рабочей силы; во-вторых, место пересечения различных экономических и социальных интересов и функций; в-третьих, с позиций предприятий, поле взаимоотношений отдельного предприятия и его работников, потенциальных или фактических работников, но думающих о переходе на новое место работы в пределах фирмы [160].

Рынок труда является составной, относительно самостоятельной частью социально-экономической системы страны со всеми элементами, параметрами, условиями, в рамках которых реализуется процесс согласования спроса и предложения на рабочую силу [81, 162].

Сопоставительный анализ существующих подходов к интерпретации понятия «рынок труда» позволяет прийти к такому заключению, что каждое из этих определений может быть полезно в зависимости от контекста поставленной и решаемой задачи.

Резюмируя позиции авторов относительно интерпретации понятия «рынок труда», сущность последнего выражена нами следующим образом.

Рынок труда является:

- составной частью социально-экономической системы страны;
- совокупностью социально-экономических отношений между спросом и предложением рабочей силы, в рамках которых реализуется механизм согласования последних;
- сферой трудоустройства, пересечения различных экономических и социальных интересов и функций;

- сферой взаимоотношений между работниками и работодателями.

Таким образом, на рынке труда практически отражаются все социально-экономические явления, которые происходят в обществе, что закладывает основу для классификации рынков труда по различным критериям. Анализ и обобщение литературных источников позволили составить классификацию рынка труда, представленную в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Классификация рынков труда по различным критериям

Критерии классификации РТ	Показатели критерия РТ	Содержание показателей, характеризующих критерий классификации РТ
1	2	3
Степень формальной открытости	Открытый	Охватывает все экономически активное (трудоспособное) население, фактически ищущее работу и нуждающееся в профориентации, подготовке и переподготовке, а также все вакантные рабочие места и должности во всех секторах экономики
	Скрытый	Формируют работники, сохраняющие статус занятых, но имеющие в ближайшей перспективе достаточно высокую долю вероятности потерять работу на условиях договора или контракта. При этом оба рынка имеют как официальную (зарегистрированную), так и преобладающую неофициальную части
Пространственная протяженность и административно-территориальная зависимость	Международный (мировой)	Система отношений, которая формируется между государствами по поводу согласования спроса и предложения рабочей силы, регулирования ее межгосударственных потоков, оплаты труда и социальной защиты в условиях транснационализации национальных экономик; охватывает разные страны и континенты

Продолжение табл. 1.1.

1	2	3
	РТ крупных межгосударственных регионов	Европейский, стран СНГ, среднеазиатский, латиноамериканский, африканский и т.д.
	Национальный	Охватывает территорию отдельной страны и действует в пределах ее границ
	Региональный	Действует на территории отдельного региона (мегаполиса, области, района, села и т.п.)
	Местный	Действует на территории отдельных регионов, областей и городов
	Внутрифирменный	Включает рынок труда внутри конкретной организации
Моделирование среды	Внешний РТ - профессиональный или открытый	Система социально-трудовых отношений между работодателями и наемными работниками, ограниченными страной, регионом, отраслью; предполагает географическую и профессиональную мобильность рабочей силы между организациями
	Внутренний (закрытый)	Система социально-трудовых отношений, ограниченных рамками одного предприятия, внутри которого установление цены рабочей силы, а также ее размещение определяются административными правилами и процедурами; слабо конкурентен, мало влияет на текучесть рабочей силы и динамику открытой безработицы. Профессии, замкнутые внутренним рынком, сложнее использовать в других организациях, т.к. они носят специфический, присущий данной фирме характер
Временные параметры	Текущий потенциальный	Реальное количество рабочей силы Потребность работодателей (количество работников) в рабочей силе, необходимой в определенный момент времени

Продолжение табл. 1.1.

1	2	3
	Перспективный	Спрос на рабочую силу с учетом перспектив развития предприятия. Потребность в рабочей силе в будущем
Степень эластичности	Гибкий	Применение нестандартных форм занятости и нестандартных режимов рабочего времени, различных форм профессиональной подготовки; быстро приспосабливается к изменяющимся условиям как количественно, так и функционально
	Жесткий рынок	Использование стандартных форм занятости, стандартных режимов рабочего времени
Степень регулируемости (в соответствии с действующим законодательством)	Регулируемый	Предполагает развернутую нормативную базу (трудовое и социальное законодательство), на основе которой строятся взаимоотношения между субъектами рынка труда. Внешний рынок труда регулируется государством и его органами. Внутренний рынок регулируется администрацией предприятия.
	Теневой (нерегулируемый)	Будучи порождением теневой экономики, включает в себя нерегулируемые государством формы занятости, проявляющиеся в уклонении от налогов, коллективных договоров (нелегальный труд на предприятиях, надомничество, кооперативы и т.п.)
	Скрытый	Включает в себя часть лиц, формально занятых в официальном (регистрируемой статистикой) секторе, но работающих неполное рабочее время. Это связано с сокращением объема производства из-за уменьшения спроса на продукцию, перепрофилированием производства, изменением структуры

Продолжение табл. 1.1.

1	2	3
		производства. Неофициальная часть скрытого рынка труда выявляется с помощью социологических обследований, экспертных оценок и др. способами
Конъюнктура рынка труда – соотношение спроса и предложения	Равновесная (сбалансированная)	Спрос на рабочую силу соответствует ее предложению
	Трудодефицитная	Рынок труда испытывает недостаток предложения рабочей силы
	Трудоизбыточная	На рынке труда имеется большое число безработных и, соответственно, избыток рабочей силы. Эти понятия имеют региональный и профессиональный срезы
По критерию сегментирования – разделения РТ на устойчивые замкнутые сегменты (субрынки), лимитирующие движение работников в рамках определенных границ	Географическое положение	Сегментация рынка труда в соответствии с географическим положением – регион, город, район и т.п.
	Демографические признаки	Рынок труда молодежи, женщин, инвалидов, работающих пенсионеров, групп населения по отдельным возрастным категориям и т.п., отличающихся различной степенью мобильности, уровнем трудоспособности и активности на рынке труда
	Профессиональные признаки и др.	Рынок труда рабочих профессий, инженеров, врачей, ИТ-специалистов, научных работников и т.п.

*Источник:* Классификация составлена на основе анализа и обобщения литературных источников соответствующей направленности [31, 49, 53, 64, 125, 132, 133, 149].

## ***Механизм функционирования рынка труда***

Механизм функционирования рынка труда является важнейшим компонентом последнего и представляет собой взаимодействие и согласование социально различных интересов разнообразных групп работодателей и трудоспособного населения, нуждающегося в работе и желающего работать по найму. Механизм функционирования рынка труда имеет определенную структуру, включающую такие элементы, как спрос на рабочую силу, предложение рабочей силы, цена рабочей силы, конкуренция. Взаимодействие указанных элементов называют механизмом спроса и предложения.

Спрос на рабочую силу отражает потребность экономики в определенном количестве работников на каждый данный момент времени. Предложение рабочей силы определяет востребованность различных групп трудоспособного населения в получении работы по найму и на этой основе – источника средств существования.

Субъектами отношений на рынке труда являются: работодатели, наемные работники, безработные, самозанятое население, а также лица, работающие не по найму, деятельность которых регулируется инфраструктурой рынка труда. В качестве работодателей на современном рынке труда выступают различные предприятия, организации, учреждения, компании (в работе эти термины употребляются как синонимы), представленные лицами или структурами, принимающими решения (ЛПР) по управлению человеческими ресурсами.

Инфраструктура рынка труда представлена системой институтов, организаций и учреждений, обеспечивающих функционирование рынка труда, может рассматриваться как средство управления, включающее специфическую совокупность и структуру элементов. Инфраструктура рынка труда, исходя из интересов его субъектов, способствует содействию гражданам в реализации права на

труд, взаимодействию работодателей и работников, преодолению дисбалансов между спросом и предложением рабочей силы, организации помощи населению в переподготовке и трудоустройстве, перераспределении рабочей силы между сферами занятости и т.п.

Современная инфраструктура рынка труда представлена государственными и частными организациями и службами, содействующими трудоустройству населения, HR-отделами организаций, онлайн-рекрутментом на базе интернет-ресурсов, представленных специализированными сайтами для поиска работы и сотрудников, социальными сетями, сайтами компаний и т.п.

Решение проблемы трудоустройства состоит в создании механизмов, обеспечивающих эффективную взаимосвязь между спросом на рабочую силу, формируемым работодателем, и предложением, представляющим нанимаемую сторону. При этом работодатель исходит из своих потребностей, условий, требований к работнику, которые диктуются в первую очередь наличием свободных рабочих мест, квалификационно-профессиональным уровнем работника, его личностными (морально-психологическими) качествами. Работник, претендующий на то или иное рабочее место, исходит из условий труда, профессионального соответствия рабочего места профилю работника, его специальности и оплате работы, меры привлекательности предлагаемого типа трудовой деятельности, степени стабильности работы, морально-психологического климата, контактности с будущим руководителем.

Согласование спроса и предложения происходит на рынке труда посредством соглашения работодателя и наемного работника путем заключения договора найма, определяющего права и обязанности сторон, условия труда, результаты их взаимодействия [148]. Если векторы спроса и предложения соответствуют по основным составляющим, то создается почва для заключения соглашения о найме [22].

В современных условиях на рынке труда наблюдается

значительный дисбаланс в соотношении спроса и предложения рабочей силы, в том числе и на рынке труда ИТ-специалистов. В качестве причин дисбаланса на рынке труда можно выделить: 1) несоответствие профессиональной структуры предложения требованиям работодателя; 2) количественная диспропорция спроса на рабочую силу и ее предложение; 3) качественное (навыковое) несоответствие параметров спроса и предложения в отраслевом, региональном, по видам деятельности и других разрезах; 4) несоответствие условий труда, предлагаемых работодателями, условиям труда, приемлемым для работников; 5) несоответствие спроса и предложения на рынке труда в связи с дефицитом информации [131, 135]. Поэтому мы считаем, что при определении сущности рынка труда и анализе процессов, происходящих на этом объекте, акцент должен быть сделан на исследование проблем согласования спроса и предложения рабочей силы [186]. В этой связи рынок труда в работе трактуется как органический элемент рыночной экономики, выполняющий функцию поддержания согласованности спроса и предложения на человеческие ресурсы в профессионально-квалификационном, количественном и качественном (навыковом) разрезах в соответствии с потребностями развивающейся экономики.

### ***Спрос и предложение на рынке труда***

Спрос и предложение являются фундаментальными категориями рынка труда. Спрос на рабочую силу на рынке труда составляет потребность работодателей в необходимых для производства товаров и услуг работниках в соответствии с потребностью экономики. Величина спроса на рабочую силу определяется совокупностью вакантных рабочих мест на действующих и вновь вводимых в действие предприятиях и количеством рабочих мест, занятых работниками, не удовлетворяющими работодателя и ищущего им замену [34, 201].

Предложение труда означает количество рабочей силы, которое может быть предложено к продаже на рынке

труда по определенной цене в течение определенного периода времени. Предложение на рынке труда составляют следующие группы трудоспособных людей: 1) безработные, зарегистрированные в службах занятости; 2) лица, самостоятельно ищущие работу из числа впервые вступающих в трудовую деятельность; 3) лица, ищущие занятие после перерыва в работе; 4) наемные работники, которые по каким-либо причинам ищут новое место приложения своего труда; 5) занятые, но находящиеся под риском потерять работу и поэтому ищущие другое место работы; 6) самозанятые.

Узкая и расширенная трактовки рынка труда обусловили узкую и расширенную интерпретации спроса на рабочую силу и ее предложение. В этом контексте основными структурными составляющими рынка труда являются: 1) совокупный спрос, определяемый количеством и структурой рабочих мест, существующих в экономике страны, а также общей потребностью экономики в наемной рабочей силе; 2) совокупное предложение, охватывающее все категории экономически активного населения (совокупности всех занятых и безработных граждан); 3) текущий спрос (С), определяемый количеством объявляемых вакансий в экономике и ее отраслях; 4) текущее предложение (П), включающее лиц, занятых поиском работы и готовых к ней приступить; 5) удовлетворенный спрос (УС) (или его удовлетворенное предложение) – численность занятых.

Рисунок 1.1 схематически демонстрирует взаимоотношения между различными типами спроса и предложения.

Таким образом: С-УС – текущий спрос; П-УС – текущее предложение;  $C \cup П$  – совокупный рынок труда;  $C \cap П = УС$  – удовлетворенный спрос на рабочую силу (численность занятых);  $(C \cup П) - УС$  – текущий рынок труда.

В результате взаимодействия спроса и предложения выделяются функции рынка труда, представленные на рисунке 1.2 [149]:

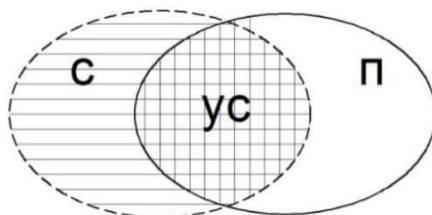


Рис.1.1. Взаимоотношения между спросом и предложением  
(- - - границы совокупного спроса; — границы совокупного предложения)



Рис. 1.2. Основные функции, выполняемые рынком труда

- **общественного разделения труда** – рынок труда распределяет наемных работников по профессиям и квалификации, а работодателей – по отраслям производства и регионам;
- **ценообразовательная** – установление равновесия между спросом и предложением рабочей силы за счет

расширения предложения, повышения качества и цены рабочей силы;

- **стимулирующая** – рынок труда стимулирует работников к повышению конкурентоспособности, занятию эффективной трудовой деятельностью; работодателей – к созданию привлекательных условий найма;

- **оздоровительная** – преимущество в конкурентной борьбе получают работники с высокими качественными характеристиками и работодатели, способные предложить самые выгодные условия найма;

- **регулирующая** – рынок труда регулирует распределение трудовых ресурсов по отраслям и сферам потребностей, способствуя перемещению рабочей силы, ее оптимальному размещению и эффективному использованию.

Соотношение между спросом и предложением определяет конъюнктуру рынка труда, которая традиционно разделяется на три типа: 1) **трудодефицитная**, когда рынок труда испытывает недостаток предложения рабочей силы определенного качества (спрос превышает предложение); 2) **трудоизбыточная**, когда на рынке труда имеются большое число безработных и, соответственно, избыток предложения рабочей силы определенного качества (предложение превышает спрос); 3) **равновесная (сбалансированная)**, когда спрос на труд определенного типа по количеству и качеству соответствует его предложению. Каждый из типов рыночной конъюнктуры может относиться к тому или иному национальному рынку труда, региону, к той или иной профессии (специальности) или сфере приложения труда, образуя в совокупности общий рынок труда в стране [66, 121].

Неравновесие (дисбаланс) на рынке труда появляется в результате недостаточной эффективности процесса согласования спроса на рабочую силу и ее предложения. Одни исследователи причины дисбаланса спроса и предложения видят в несовпадении профессионально-квалификационных, образовательных и других

характеристик рабочих мест и претендентов на них [70], другие рассматривают рассогласованность по всем ее срезам – профессионально-квалификационному, отраслевому, демографическому [61].

С нашей точки зрения для решения проблемы сокращения дисбаланса на рынке труда необходимо исследовать процессы формирования параметров спроса и предложения на рабочую силу и выявления типов дисбаланса по профессионально-квалификационным, количественным, качественным срезам и на различных уровнях: микро- (отдельное предприятие), мезо- (отрасль, регион) и макроуровнях (в целом по стране). Несоответствие между структурой и качеством подготовки специалистов (предложением) и высокой динамикой потребностей рынка труда, профессиональной и компетентностной структурами спроса на рынке труда выступает в качестве наиболее значимого фактора в формировании количественных и качественных показателей рассогласованности спроса и предложения.

## **1.2. Трансформации рынка труда в условиях развития информационного общества**

Процессы информатизации и глобализации обусловили изменение экономических основ жизнедеятельности людей, способствовали развитию и распространению интернет-технологий, формированию в рамках постиндустриальной экономики виртуальной, переносу в электронную среду сети Интернет различных видов социально-экономической деятельности.

С развитием ИО и переходом к информационной экономике трансформируются все виды рынков, в том числе и рынок труда. На современном этапе информатизации рынок труда подвергся ряду изменений, наиболее существенными среди которых являются формирование глобального рынка рабочей силы, специфическое воздействие информационно-

коммуникационных технологий (ИКТ) как на сам процесс труда, так и на социально-трудовые отношения; рост значимости профессий, содержание которых характеризуется высокой насыщенностью информацией и знаниями [142, 159, 174]. Так, субъекты рынка труда могут взаимодействовать между собой на расстоянии с помощью ИКТ, то есть виртуально. Осуществляется переход от традиционных социально-трудовых отношений к виртуальным, а сам процесс получает название виртуализации. Повышается спрос на специалистов, которые способны создать инновации, что приводит к возникновению новых моделей рабочих отношений и нового типа сотрудника [175, 200].

Современный этап развития рынка труда связан с тенденциями его трансформирования в форму рынка человеческого капитала, т.е. в условиях перехода к инновационной экономике акценты переносятся на человеческий фактор и понимание его роли в достижении целей любой организации [42, 43]. Понятие «человеческий капитал» в современной трактовке подразумевает имеющийся у каждого запас знаний, навыков, мотиваций [67, 87, 118, 139], интегрированных в виде совокупности физических, интеллектуальных, личностных, культурных и других качеств. Выдвижение на первый план в качестве ключевых требований к специалисту его качественных характеристик предопределяет разработку новых подходов к решению задачи управления спросом на человеческий капитал определенного качества и его предложение на рынке труда [88].

Согласно международной практике в качестве инструмента, агрегирующего человеческий капитал специалиста, выступает компетентностный подход, ставший одной из ведущих инноваций в модернизации процессов управления человеческими ресурсами и позволяющий разработать концепцию и механизм уменьшения рассогласованности между рынком труда и рынком

образовательных услуг. Данная технология обеспечивает взаимосвязь между требованиями работодателей, содержанием образовательной программы и оценкой, которая основана на измеряемых критериях [77, 111, 173].

В работах [112, 141] выделены основные изменения, которые произошли в трудовых отношениях в результате информатизации общества. Так, повсеместное внедрение ИКТ способствует:

- созданию принципиально новых пространственно-временных отношений и стиранию границ посредством моментальной коммуникации;

- появлению новых профессий, требующих от работников принципиально новых компетенций;

- постепенному исчезновению традиционной пирамидальной структуры организации и ее замене сетью, в которой работник становится зависимым не от начальника, а от своего горизонтального окружения, а основная функция руководителей сводится к организации коммуникации, грамотному выбору каналов и средств;

- возрастанию значимости личностных характеристик работника в процессе отбора и трудовой деятельности;

- повышению спроса на такие способности, как умение адаптироваться, обучаться, развиваться.

### ***Виртуальный рынок труда***

Развитие цифровых технологий открыло новые виртуальные пространства для трудовой деятельности, стимулировало появление транснациональных корпораций, формирование современной интернет-экономики (*e-economy*), соответствующих ей электронных рынков (*e-markets*, *virtualmarkets*, *digitalmarkets*), электронного бизнеса (*e-business*, *e-commerce*), а также объединений физически расположенных в разных частях планеты научных коллективов, работающих над единой проблемой [190, 192, 234, 235, 242].

Виртуальный рынок труда является частью глобального рынка, в котором формируются спрос и предложение на трудовые услуги особого рода – информационные услуги. Поскольку взаимодействие субъектов виртуального рынка происходит исключительно с использованием ИКТ, то в условиях виртуального рынка труда востребованы человеческие ресурсы, обладающие новыми компетенциями, предполагающими выполнение работы удаленно без изменения места пребывания исполнителя работ. В качестве субъектов виртуального рынка труда выступают, с одной стороны, реальные и потенциальные работники, ищущие и нашедшие заказы на оказание информационных услуг, а с другой стороны – работодатели, которым необходимы исполнители информационных услуг [18].

Взаимодействие субъектов цифрового рынка труда происходит через различные онлайн-платформы, которые являются местом встречи для работников и работодателей, а также местом согласования вознаграждения за оказанные услуги. Основой для определения вознаграждения являются уровень сложности выполнения работ, а также уникальность оказанной трудовой услуги. На виртуальном рынке труда более всего востребован интеллектуальный труд, что связано со спецификой оказываемых услуг. Так, типичными формами трудовой деятельности на виртуальном рынке труда являются исследование, анализ, систематизация, обработка и производство информационных продуктов. Оплата за оказанную услугу производится с помощью электронных платежных систем, зачастую с использованием электронных денег [19, 20, 39].

Еще одной особенностью является возникновение самозанятости нового типа, при которой трудовая деятельность осуществляется удаленно от офиса посредством сети Интернет. Этот тип самозанятости способствовал появлению так называемых электронных фрилансеров, которые не состоят в штате предприятий, а

выходят на рынок в качестве самостоятельных поставщиков услуг. Данный тип деятельности за рубежом получил название удаленной работы (*remotework*) или телеработы (*telework*).

По аналогии с традиционным в этом сегменте рынка труда также выделяются социальные, экономические и стимулирующие функции. В виртуальном пространстве социальная функция заключается в обеспечении равного доступа потенциальных работников к лучшим предложениям работодателя, независимо от места их проживания.

Экономическая функция виртуального рынка труда сводится к рациональному распределению трудовых ресурсов без физического их перемещения, что позволяет работодателям сокращать свои затраты на содержание персонала, а работникам – затраты времени и средств на дорогу к рабочему месту. Виртуальный рынок труда стимулирует работников к развитию через саморазвитие, самообучение и самосовершенствование своих профессиональных качеств, а работодатели конкурируют между собой за лучшие человеческие ресурсы во всем мире, доступ к которым они получили благодаря информационным технологиям.

За последние 10 лет появилось большое количество глобальных виртуальных (цифровых, онлайнowych) рынков труда. Основу этих рынков составляют высокоструктурированные, специальные онлайн-платформы, созданные некоммерческими посредниками. Создатели этих онлайн-рынков фактически играют роль посредника на рынке труда [249]. По данным совместного отчета двух крупнейших онлайн-платформ *Elance* и *Odesk*, на конец 2014 г. количество зарегистрированных на них фрилансеров составляло 9,7 млн. человек, а работодателей – 3,8 млн. Только на этих двух платформах совокупный заработок фрилансеров за период с 2009 по 2014 годы возрос с чуть менее 500 млн. долл. США до 3,2 млрд долл. США [223]. По оценкам экспертов биржи *Elance*, к 2020 г. фрилансеры составят 60% всего мирового

рынка труда, а оборот рынка удаленной работы достигнет 46 млрд. долл. США [193]. При этом в демографической структуре зарегистрированных фрилансеров преобладает поколение «миллениум» – 47% (рожденные в 1981 году и позже) и поколение «X» – 38% (1965–1980 годов рождения), т.е. молодежь, способная продуцировать новации, быстро ориентироваться в информационных потоках и обучаться [218].

В последние годы многие страны, независимо от уровня их экономического развития, столкнулись с дефицитом квалифицированной рабочей силы. С развитием виртуальных рынков появляется возможность восполнить дефицит персонала нужной квалификации за счет найма специалистов на временной основе из других стран, активизации территориальной мобильности квалифицированной рабочей силы, диверсификации условий найма и организации труда этих категорий работников.

Изменения, происходящие на рынке труда, оказывают непосредственное воздействие на трансформацию системы высшего образования [170, 187, 233]. Так, под влиянием цифровых технологий место получения знаний и выполнения работы переносится за рамки учебного заведения либо предприятия в виртуальные учебные заведения. Знания оказываются доступными для массового количества потребителей, а процесс обучения становится глобальным, интерактивным, инновационным и гибким. Формируется новый класс специалистов, востребованных на цифровом рынке труда, для которых характерны цифровая грамотность, цифровая мобильность, умение обрабатывать значительный массив информации, нестандартное мышление, умение продуцировать инновации [19]. Вместе с тем взаимосвязь виртуальных рынков труда и высшего образования, а также их взаимовлияние друг на друга недостаточно изучены и требуют углубленного исследования. Функционирование виртуального рынка труда невозможно без соответствующего интеллектуального потенциала (ИТ-специалистов), поэтому

следует ожидать, что с развитием этого рынка спрос на ИТ-специалистов еще более возрастет.

### **1.3. Обзор исследований в сфере моделирования рынка труда**

На сегодня вопросы управления рынком труда являются недостаточно проработанными. В научной литературе, посвященной исследованию процессов, происходящих на рынке труда, анализу и оценке соотношения спроса и предложения, управлению как различными его аспектами, так и в целом рыночному и государственному регулированию рынка труда, прослеживаются различные методологические подходы и направления. Наиболее исследованными являются экономико-математические аспекты оценки управления персоналом. Так, в работе [47] разработаны экономико-математические модели оптимизации профессионально-квалификационного состава рабочих кадров: предложены оптимизационная модель распределения рабочих по уровню квалификации и модель оптимизации переподготовки рабочих кадров.

Современный подход к подбору персонала (рекрутингу) как к отдельному бизнес-процессу и широкая практика сотрудничества с рекрутинговыми агентствами вызвали потребность в развитии теории управления персоналом и выделении в ней рекрутинга как отдельного направления. Этой проблеме посвящены работы [21, 25, 55, 166, 194, 195, 224, 231].

Теоретические и практические аспекты эффективного управления человеческими ресурсами организации изложены в работах [43, 164, 165, 175, 179]. В указанных работах авторами используются преимущественно методы, заимствованные из психологии, или же даются рекомендации, основу которых составляет личный профессиональный опыт последних. Эти методы, базирующиеся на всевозможных психологических тестах, позволяют получить определенные

результаты. Однако они не учитывают неопределенности среды функционирования организации (воздействие внешней среды, непредсказуемые изменения в структуре предприятия и другие случайные факторы), поэтому мы считаем, что при принятии управленческих решений (часто оперативных) нецелесообразно ограничиваться только ими.

Еще один блок проблем, связанных с управлением рынком труда, связан со статистическим, экономико-математическим моделированием и прогнозированием социально-экономических процессов на рынке труда. В данном исследовании интерес представляют работы по моделированию согласования динамики спроса и предложения рабочей силы. Так, в работе [40] предложена система эконометрических моделей формирования спроса и предложения рабочей силы на организованном региональном рынке труда и разработана теоретическая модель динамики спроса и предложения рабочей силы на основе системы нелинейных дифференциальных уравнений. В работе [123] построена макроэкономическая прогнозно-аналитическая модель согласования спроса и предложения рабочей силы, позволяющая определить спрос на потенциальных работников по принципу полной занятости. Модели согласования динамики спроса и предложения рабочей силы на основе системы дифференциальных уравнений разработаны в [68]. В работе [71] предложена модель «профессионально-квалификационного соответствия» в виде матрицы, связывающей отрасли промышленности с профессиями рабочих и служащих. Макроэкономическая методика прогнозирования потребности экономики в квалифицированных кадрах, позволяющая строить прогнозы потребности региональной экономики в выпускниках с различным уровнем профессионального образования, описана в [31]. В работах [33, 135] разработаны эконометрические модели минимизации структурных дисбалансов рынка труда.

В [49, 81] обоснована необходимость изучения регионального рынка труда с помощью статистических и социологических исследований для получения информации, необходимой для принятия адекватных управленческих решений. В коллективной монографии [57] функционирование рынка труда рассматривается в разрезе профессионально-квалификационных групп. В работе дается формализованное описание основных элементов рынка труда (спроса и предложения на рабочую силу) в разрезе профессионально-квалификационной структуры лиц, ищущих работу самостоятельно и через институты посредничества. Для получения прогнозных значений векторов, описывающих объем и структуру спроса и предложения, используются нестационарные марковские модели, позволяющие описывать поведение субъектов рынка труда и их взаимодействие с учетом влияния таких макроэкономических параметров, как цены, инвестиции, заработная плата и др.

В работе [145] рассмотрены вопросы мониторинга и прогнозирования потребности в выпускниках системы высшего профессионального образования. Основу унифицированной для всех регионов России методики составляет подход, базирующийся на прогнозных макроэкономических показателях объемов производства товаров и услуг, динамики производительности труда, заложенных в среднесрочные программы социально-экономического развития регионов и страны в целом [31, 69].

В условиях виртуализации рынка труда система образования сталкивается с серьезными вызовами, суть которых сводится к необходимости модернизации последнего в направлении приведения системы подготовки кадров в соответствие с требованиями рынка труда. Согласно прогнозам [191], к 2030 году в мире исчезнет более 2 млрд «традиционных» рабочих мест, которые будут заменены новыми, востребованными цифровым обществом. Одними из инновационных инструментов модернизации образования

являются понятия компетентности и компетентностного подхода [54, 77, 146, 156, 248].

Анализ литературы показывает, что за последние годы системным исследованиям проблемы компетентностного подхода как в системе образования, так и при оценке персонала посвящено много работ. В работах [27, 83, 85, 157] рассмотрены проблемы оперативного и объективного измерения компетентности персонала, его интеллектуальных способностей, сопоставление этих оценок с показателями качества и эффективности деятельности посредством автоматизированных систем управления, разработаны математический аппарат и инструментальные средства оперативного контроля компетентности, интеллектуального потенциала персонала фирмы. В работах [82, 84, 147] исследована система непрерывного развития компетенций специалиста, рассмотрены системы тестирования ИТ-компетентности, разработана экономико-математическая модель, позволяющая формировать эффективную стратегию непрерывного обучения специалиста и обеспечивать необходимые уровни его компетенций на всех этапах обучения. В работах [86, 89, 185] предложены методы определения уровня компетентности и формирования рейтинга студентов с использованием теории нечетких множеств, позволяющие оценить индивидуальные образовательные траектории последних.

В ряде научных работ предметом анализа являются процессы трудоустройства, исследуемые через призму взаимосвязи рынков образовательных услуг и труда [52, 72, 73]. Работы [75, 117, 136, 155] посвящены разработке моделей трудоустройства выпускников вузов и проектированию эффективной структуры информационной системы их поддержки, ориентированной на упорядочение образовательной деятельности вуза. Вопросы повышения качества подготовки в системе высшего образования и его связей с последующим трудоустройством выпускников, формирующих предложение, исследуются в работах [30, 50, 58, 64,

74, 76, 117]. При этом авторы подчеркивают сложность проблемы, связанной с неразработанностью методологических основ управления процессами трудоустройства в вузе, отсутствие методик, позволяющих формализовать их и служить основой для создания информационных систем и сайтов, поддерживающих работу баз данных спроса и предложения для специалистов – выпускников вузов.

Исходя из контекста настоящей работы, наибольший интерес представляют вопросы разработки новых подходов к управлению спросом и предложением на рынке труда в условиях неопределенности среды функционирования последнего. На практике вся совокупность видов деятельности по управлению каким-либо объектом, в том числе и рынком труда, так или иначе связана с принятием и реализацией решений, что определяет значимость этого процесса в управлении [45, 62, 150, 151]. В этой связи следует отметить работы [154, 222], посвященные разработке методов интеллектуальной поддержки принятия решений в управлении персоналом организации на основе нечетких моделей знаний.

В работах [136, 137] в качестве объекта исследования выделены проблемы трудоустройства, охватывающие все трудоспособное население. Рассматриваются задачи найма работников на предприятие, решаемые как центрами занятости, так и самостоятельно отдельными личностями. Авторами предложена ситуационная модель принятия решения в задаче управления персоналом предприятия с использованием экспертных знаний. В центре внимания работы [95, 96] находятся вопросы разработки моделей и методов прогнозирования будущего рынка труда с использованием нечетких множеств, а работа [22] посвящена разработке принятия решений в прогнозировании, при анализе и подборе кадрового потенциала. Проблема прогнозирования демографических аспектов рынка труда является предметом исследования в работе [35].

#### **1.4. Объектно-ориентированный анализ рынка труда ИТ-специалистов**

Международный опыт показывает, что концепция развития какого-либо ведущего сектора (отрасли) экономики дает представление о факторах изменений на рынке труда. Под секторальным подходом понимаются анализ, оценка и прогнозирование текущей ситуации в отдельной отрасли с целью согласования спроса на профильных специалистов и их предложения в соответствии с меняющимися потребностями в рабочей силе и требованиями к ее квалификационному уровню [92].

В настоящей работе объектом исследования является сектор ИТ. Следует отметить, что несмотря на частоту использования, термин «информационные технологии» не имеет однозначной трактовки и зависит от контекста документа, в котором он употребляется. В работе [116] проведен анализ контента понятий, обозначаемых в литературе термином «информационные технологии», и выделены различные трактовки этого понятия. В данном исследовании мы остановились на трех определениях термина «информационные технологии».

1. Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, ИТ – это комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации; вычислительная техника и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы [120].

2. ИТ – это широкий класс дисциплин и областей деятельности, относящихся к технологиям создания, управления и обработки данных, в том числе с применением вычислительной техники».

3. ИТ представляют собой совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов, повышения их надежности и оперативности. Цель применения ИКТ – снижение трудоемкости использования информационных ресурсов [122].

Под *информационной деятельностью* здесь понимается общий аспект всех видов деятельности, связанный с продуцированием, переработкой, передачей, сохранением, восприятием, использованием информации в ходе реализации соответствующего вида деятельности, т.е. аспект деятельности, связанный с информационно-технологическими процессами в любом виде деятельности. Как следует из рисунка 1.3, понятие ИТ можно интерпретировать как системообразующее, т.е. объединяющее все компоненты в единое целое [86].

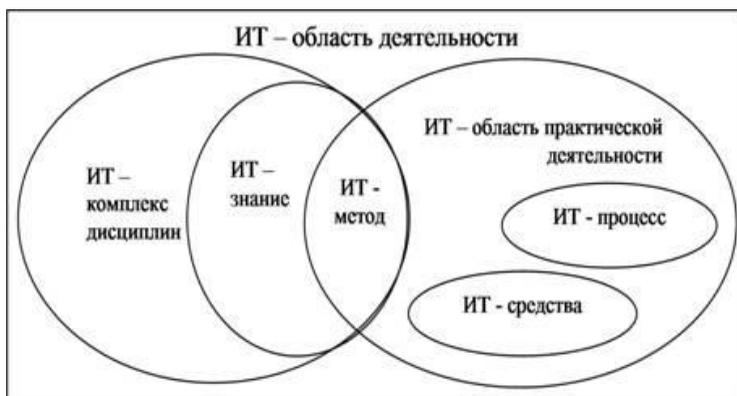


Рис. 1.3. Соотношение понятий, обозначенных термином «информационные технологии». *Источник:* [116]

В соответствии с [116] термины «информационная технология» и «информационно-коммуникационная технология» преимущественно используются как синонимы,

однако коммуникационная деятельность в целом не сводится к информационной, а коммуникационные технологии – к ИТ. В настоящей работе термины ИТ и ИКТ используются как синонимы.

Специалистов по компьютерной технике и программированию часто называют ИТ-специалистами. В качестве синонима в зарубежной литературе употребляются также термины ИТ-практик (ITpractitioner), ИТ-профессионал (ITprofessional) и ИТ-работник (ITworker) [176]. В трактовке [120] «ИТ-специалисты» – это работники сферы информационных технологий, основными обязанностями которых являются системный анализ, проектирование, разработка, установка, эксплуатация, поддержка, управление, оценка и исследование ИКТ инфраструктуры организации (оборудование, программное обеспечение (ПО), системы связи и т.п.).

Безусловно, развитие сферы ИКТ в любой стране непосредственно зависит от кадрового потенциала. В то же время состояние рынка труда ИТ-специалистов и уровень развития человеческих ресурсов в области ИКТ оказывают непосредственное воздействие на рост производительности труда, развитие всех направлений человеческой деятельности. Поэтому исследование человеческих ресурсов в сфере ИТ и приведение системы подготовки ИТ-специалистов в соответствие с требованиями рынка труда приобретают стратегическую значимость.

### ***Специфические особенности рынка труда ИТ-специалистов***

Развитие науки и техники, непрерывные изменения ИТ и Интернета, рост потребности в ИТ-специалистах во всех сферах человеческой деятельности обуславливают специфику процессов в ИТ-секторе экономики и формирование особого сегмента – рынка труда ИТ-специалистов [107, 108, 111].

Перечислим наиболее важные объективные факторы, влияющие на состояние рынка ИТ-специалистов.

1. Систематическое появление новых технологий, программных платформ и методологий решения ИТ-задач приводит к резкому сокращению цикла жизни ИТ-знаний и умений, что влечет устаревание некоторых специальностей вплоть до их исчезновения и стимулирует появление новых. В то же время это приводит к соответствующим изменениям требований работодателей к профессиональным и качественным характеристикам ИТ-специалистов, что, в свою очередь, актуализирует задачу систематического обновления содержания ИТ-подготовки последних для сохранения ими конкурентоспособности на рынке труда.

2. Непрерывное расширение пространства применения ИТ: их активное внедрение в организационные и рабочие процессы непрофильных производственных и коммерческих организаций и фирм, государственных органов и учреждений различного направления, а также интенсивное использование юридическими и физическими лицами для модернизации управленческих и бизнес-процессов сформировали новый канал потребления услуг профессионалов в области ИТ. Иначе говоря, произошло «переливание» специалистов из профильных в непрофильные организации. По оценкам экспертов за последние годы спрос на ИТ-специалистов растет в основном благодаря именно непрофильным организациям, в которых ИТ посредством автоматизации бизнес-процессов позволяют решать многие внутренние и внешние задачи.

3. Сегодня ИТ-специалисту приходится решать задачи, находящиеся на стыке информатики и программирования с различными другими областями деятельности (бизнесом, образованием, экологией, социальной защитой, налоговой, таможенной службами и т.д.), для чего нужно обладать знаниями вне собственно технической компетенции. При этом осуществление деятельности на стыке программной и

предметной областей требует умений оптимального управления информационными ресурсами.

4. В современном производственном процессе большое значение приобретают креативные способности ИТ-специалиста, его готовность ориентироваться и принимать решения в различных проблемных ситуациях, обширный кругозор в области новейших технологических средств, владение иностранными языками, непрерывное обновление профессиональных знаний как в системе формального, так и неформального и информального образования и т.п.

5. Востребованность ИТ-специалистов, дефицит предложения, более высокая заработная плата в этой сфере активизируют приток специалистов из других отраслей в сферу ИТ [107].

### **1.5. Анализ новых тенденций в управлении спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов**

В настоящее время спрос на специалистов (работников) и их профессионально-квалификационные характеристики определяется рынком труда. При поиске необходимых сотрудников работодатель формирует свои требования к будущему сотруднику, исходя из своих потребностей по развитию бизнеса, сохранению творческой социально-психологической атмосферы в компании и условий, которые он в состоянии им обеспечить [26, 65, 246].

Внимание работодателя (спроса) к качественным характеристикам специалиста, включающим кроме профессионально-квалификационных показателей личностные особенности, предопределяет разработку новых подходов к решению задачи управления спросом и предложением на рынке труда. Интегративным инструментом, агрегирующим профессиональные характеристики, индивидуальный опыт, личностные и другие качества специалиста, выступает компетентностный подход, являющийся одной из ведущих новаций в модернизации процессов управления человеческими

ресурсами и позволяющий разработать концепцию и механизм устранения рассогласованности между рынками труда и образовательных услуг. Согласно [77], термин *компетенция* (от лат. *compeo* – добиваюсь, соответствую, подхожу) – это базовое качество индивидуума, определяющее эффективное или наилучшее выполнение им некоторых работ или действий по определенным ситуациям. В настоящее время под термином «компетенция» подразумеваются не в отдельности личностные характеристики и профессиональные знания и умения (навыки), а их объединение плюс способности специалиста по применению этих способностей для решения профессиональных задач [114].

Термин «компетенция» не имеет однозначного определения. Согласно результатам исследований относительно содержания понятия «компетенция», проведенных во Франции, Великобритании и Соединенных Штатах, сформулировано следующее определение. Компетенция – это способность, выходящая за рамки владения знаниями и умениями. Компетенция включает в себя: 1) познавательную (когнитивную) компетенцию, в которую входит использование теории и понятий, а также неформальных знаний, приобретенных опытным путем; 2) функциональную компетенцию (умения и ноу-хау), то есть то, что люди должны уметь выполнять в конкретной сфере деятельности; 3) личностную компетенцию, подразумевающую знание того, как вести себя в определенной ситуации; 4) этическую компетенцию, содержащую определенные личностные и профессиональные ценности.

В соответствии с [119] компетенция представляет собой набор навыков и связанных с ними знаний, сопровождаемый готовностью адекватно применить их на рабочем месте в соответствии с функциональными требованиями. В Европейском союзе (ЕС) компетенция – это мера соответствия знаний, умений и опыта реальному уровню

сложности выполняемых задач и решаемых проблем [173]. Другими словами, это демонстрируемая человеком способность применять знания, умения и отношения в повседневных и изменяющихся рабочих ситуациях. В ЕС этот термин подразумевает технические (функциональные) компетенции, относящиеся к сфере профессиональной деятельности, и сквозные или «мобильные» компетенции, относящиеся к социальным, коммуникативным, методическим, этическим и иным компетенциям, требуемым в рамках различных профессий и сфер деятельности [250]. Как следует из приведенных определений, их сущность остается одинаковой.

### **1.5.1. Инновационные подходы к процессам подбора и найма ИТ-специалистов**

С позиций компетентностного подхода требования работодателей к ИТ-специалисту, кандидату на замещение определенной вакансии выражаются системой показателей, позволяющих выявить наличие у него определенного набора компетенций. Это означает, что любой ИТ-специалист может быть описан множеством характеризующих его с различных аспектов критериев и показателей. Профессионально значимые характеристики специалиста и возможность выявления степени обладания этими качествами, т.е. определение реальных профессиональных компетенций специалистов, позволяют оценить уровень соответствия последних конкретным требованиям работодателя.

В настоящем исследовании под термином «компетенция» подразумеваются комплекс профессиональных знаний, умений (навыков), опыта и способностей ИТ-специалиста и мера их соответствия уровню сложности реально выполняемых задач, т.е. требованиям конкретного рабочего места в соответствии с должностными и функциональными обязанностями [204, 205].

При этом успешное выполнение ИТ-специалистом профессиональных обязанностей зависит от его интеллектуального потенциала, степени обладания определенными профессиональными и личностными компетенциями, готовности адекватно применить их на конкретном рабочем месте, желания и умения совершенствоваться и регулярно обновлять свои знания и опыт в профессиональной области.

Следует отметить уникальность и специфичность требований, выдвигаемых к ИТ-специалистам со стороны различных работодателей (организаций). Это затрудняет создание унифицированной формальной модели как основы для автоматизации процессов управления динамикой спроса и предложения, принятия управленческих решений по их согласованию и, в частности, управлению процессами подбора и найма ИТ-специалистов. Авторский подход к решению данной проблемы предполагает применение компетентностного подхода как основы для формализации параметров спроса и предложения на ИТ-специалистов, моделирования процессов взаимодействия последних и выработки различных стратегий их согласования. Так, модель ИТ-специалиста подразумевает наличие двух обобщенных типов компетенций: 1) профессиональные, в т.ч. функциональные компетенции, относящиеся к определенной сфере трудовой деятельности и включающие все то, что ИТ-специалист должен знать и уметь выполнять на конкретном рабочем месте; 2) личностные компетенции, в т.ч. поведенческие, коммуникативные, этические и т.п. (умение работать в команде, передача знаний и умений, ответственность, стремление к получению новых знаний и др.) [89, 207].

Компетентностный подход, базирующийся на результатах обучения (основного источника предложения), становится сегодня не только основным инструментом приближения образования к потребностям рынка труда, но и основным принципом модернизации системы

профессиональной подготовки, поскольку обеспечивает взаимосвязь между требованиями работодателей, содержанием образовательной программы и оцениванием результатов на измеряемых критериях [126].

### **1.5.2. Проблема дисбаланса спроса и предложения и новая типология рассогласованности на рынке труда**

Согласно [131] широкий термин «сбалансированность спроса и предложения» охватывает различные типы дефицита компетенций (профессиональных навыков) и дисбалансов. Сущность термина *сбалансирование спроса на ИТ-специалистов и их предложение* сводится к разработке механизмов, методов, инструментов, стратегий, направленных на улучшение координации спроса на профессиональные навыки и их предложения, т.е. на обеспечение соответствия профессиональных навыков, формируемых учебными заведениями, профессиональным навыкам, требуемым на рынке труда. В противном случае на рынке труда складывается ситуация, именуемая термином «дисбаланс». Дисбаланс между качественным и количественным спросом и предложением имеет место в том случае, когда люди не могут найти работу, соответствующую их квалификации, а работодатели не могут найти рабочую силу, соответствующую их требованиям.

В работе [216] сделан обзор новых исследований различных типов несоответствия и проблем оценки последних. Здесь выделяются пять типов несоответствий спроса и предложения профессиональных навыков:

1. Вертикальное рассогласование, оцениваемое обычно с точки зрения уровня квалификации и профессиональных навыков (например, таких, как чрезмерный уровень квалификации (образования), недостаточность образования, очень высокий уровень профессиональных компетенций, нехватка квалификации, профессиональных умений и т.п.). Для оценки вертикального рассогласования используются в основном субъективные и эмпирические методы.

Субъективные методы базируются на социологических опросах [240], результаты которых позволяют сравнить уровни образования (требуемого и реального) и выявить различные ситуации соответствия квалификаций: уровень образования, равный требуемому; уровень образования выше необходимого (чрезмерно обученные); уровень образования ниже необходимого (недостаточная подготовка).

2. Горизонтальное рассогласование, связанное со сменой области профессиональной деятельности. Горизонтальное несоответствие отражает уровень притока в ту или иную отрасль работников, базовая квалификация которых не совпадает с профессиональной структурой занимаемой должности (например, в качестве ИТ-специалиста работают представители профессий, совершенно не связанных с ИТ). Обычно эта форма несоответствия выявляется также посредством субъективного опроса работников (в разделе 5.5. приведены результаты социологического опроса, которые отражают также уровень горизонтального несоответствия в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана).

3. Дефицит профессиональных навыков. Этот тип несоответствия связан с недостатком навыков определенного типа, наличием дефицита квалификаций и имеет место в ситуациях наличия квалификаций определенного типа: а) ниже требуемого уровня (недостаточная квалификация); б) выше требуемого уровня (избыточная квалификация). Дефицит квалификации влечет за собой перезагрузку более опытных сотрудников, отрицательно воздействует на качество деятельности предприятия (компании) и, как следствие, обуславливает экономические и финансовые потери компании [240].

4. Нехватка квалифицированных кадров. Этот тип несоответствия связан с недостатком навыков определенного типа и обычно относится к незаполненным или трудно заполняемым вакансиям, возникшим в результате нехватки квалифицированных кандидатов на ключевые вакантные

должности. Различия в навыках определяют степень нехватки у работников навыков, необходимых для выполнения их текущей работы. Пробелы в навыках обычно измеряются путем сбора информации от работодателя [238].

5. Устаревание профессиональных навыков (компетенций) вследствие: а) автоматизации или механизации определенных типов ручных навыков (физическое устаревание); б) технологических или экономических изменений (экономическое устаревание); в) недостаточного уровня навыков (атрофия навыков). Измерение (выявление) устаревших навыков осуществляется обычно субъективным опросом работников [230].

Как следует из описания приведенных типов несоответствий, наряду с количественными характеристиками все большую значимость на современном рынке труда приобретают качественные аспекты спроса и предложения на рабочую силу. Очень важно выявить показатели, данные и информацию, нужные для сокращения рассогласованности спроса и предложения. Другими словами, необходима идентификация сложившейся на рынке труда ситуации, т.е. соотношения спроса и предложения, предполагающая систематический процесс сбора, обработки, оценки, анализа и распространения информации.

Для выявления текущего состояния рынка труда и ожидаемого кадрового спроса необходима достоверная и репрезентативная информация (текущие и ретроспективные данные) о качественных и количественных характеристиках спроса и предложения, потребностях в профессиональных навыках, тенденциях отраслевого развития и т.д. На практике основу анализа рынка труда на различных уровнях управления составляют статистические данные. Информация собирается из различных источников (официальная статистика, административные данные, социологические исследования, данные с сайтов по трудоустройству, непрерывному образованию и др.). Кроме того, любая надежная оценка состояния рынка труда должна

быть основана на данных мониторинга, который является необходимым компонентом ввиду того, что текущая ситуация и будущие изменения не могут быть поняты без правильного понимания современной ситуации. Термин «мониторинг» в данном случае подразумевает все имеющиеся приемы, используемые для отслеживания настоящего и последующего взаимоотношений между спросом на профессиональные умения (навыки) и их предложением во всех различных аспектах [171, 172, 177].

Другим важным фактором является разработка или выбор методов и инструментов сбора, обработки, оценки и анализа разнородной информации: количественной и качественной, формальной, неформальной и т.п. Опыт развитых стран показывает, что ни один метод и тип анализа не могут охватывать все важные измерения (на макро- и микроуровне, текущие, краткосрочные, долгосрочные и т.п.). Необходим комплексный подход, сочетающий различные методы и подходы [163, 189, 221, 228, 245].

Обзор научной литературы выявил актуальность решения проблемы несоответствия спроса предложению посредством повышения эффективности управления рынком труда на основе использования научно обоснованных методов, с одной стороны, и позволил прийти к заключению о том, что существующие в настоящее время подходы к исследованию рынка труда, в основном, базируются на традиционных экономико-математических моделях и методах (регрессионные, корреляционные модели, методы простого экспоненциального сглаживания и др. статистические методы). К ряду факторов, предопределяющих достаточно широкое использование статистических моделей и методов при решении задачи анализа и оценки, следует отнести их способность отражать корреляционные связи между явлениями, сравнительную простоту математической формализации и оценки параметров модели, наличие широко применяемых стандартных пакетов программ (например, SPSS, Spectrum, PROST).

Однако, не умаляя ценность предложенных подходов и решений, следует отметить, что сложность или невозможность измерения ряда параметров и показателей рынка труда затрудняют адекватное количественное описание состояния последнего (как объекта моделирования) и обуславливают недостаточную эффективность экономико-математических моделей, основанных на обработке численных данных. Это объясняется невозможностью учета последними ряда существенных особенностей и специфики объекта исследования, к которым относятся: 1) многофакторный и многокомпонентный характер рынка труда; 2) динамичность и функционирование в условиях неопределенности вследствие воздействия многих неучтенных факторов, преобладания качественных характеристик и различной интерпретации их оценок; 3) неформальный характер многих взаимосвязей между элементами рынка труда; 4) отсутствие достаточной статистической информации как о рынке труда ИТ-специалистов в целом, так и о его компонентах; 5) неполнота и неточность фактических данных, базирующихся на разных источниках информации (официальная и неофициальная статистика, экспертные оценки) и др. Следует иметь в виду, что именно условия неопределенности являются наиболее явным и характерным показателем управленческой деятельности [46, 140].

В силу указанных причин возникает объективная необходимость в развитии подходов к анализу и оценке рынка труда, его отдельных уровней и компонентов и разработке математических моделей и методов, учитывающих неопределенный характер среды формирования и функционирования последней.

Анализ литературы показал, что, несмотря на широкомасштабную виртуализацию многих сфер профессиональной деятельности, вопросы системного анализа содержания, соотношения и адекватных технологий поддержки спроса и предложения на ИТ-специалистов, исследование особенностей моделирования,

профессиональнозначимых качеств последних на микро- и макроуровнях, оценка структуры и динамики спроса и предложения через призму потребностей работодателей, разработка эффективных методов организации и управления процессами трудоустройства как в теоретическом, так и в методологическом плане раскрыты недостаточно и в научной литературе им не уделено достаточного внимания. Крайне слабо проработаны вопросы моделирования спроса и предложения в разрезе отдельных его сегментов, что создает определенные трудности при выработке управленческих решений по их регулированию.

Все изложенное в совокупности определяет актуальность проведения настоящего исследования, посвященного разработке концептуальных основ, моделей и методов интеллектуального управления спросом и предложением в ИТ-сегменте рынка труда, базирующихся на современных математических формализмах.

## **ГЛАВА II. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ И ПРЕДЛОЖЕНИЕМ НА РЫНКЕ ТРУДА ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ**

Обзор литературы позволил сделать вывод о том, что на сегодня концептуальные и методологические основы управления спросом и предложением на рынке труда проработаны слабо. В частности, отсутствуют: 1) комплексный подход к исследованию рынка труда ИТ-специалистов; 2) модели взаимодействия спроса и предложения, учитывающие слабоструктурированный характер рынка труда ИТ-специалистов и неопределенность среды его функционирования; 3) эффективные методики анализа человеческих ресурсов в сфере ИТ через призму обеспечения качественной и количественной сбалансированности спроса и предложения в профессионально-квалификационном разрезе и на различных уровнях управления.

Предлагаемые в отдельных работах механизмы оценки спроса и предложения на рынке труда не позволяют эффективно управлять его отдельными сегментами, поскольку рынок труда в целом не сводится к «сумме» рынков труда по отдельным отраслям экономики. Специфические особенности каждого сегмента национальной экономики, условия, факторы и темпы развития последних обуславливают различный их «вклад» в общее состояние рынка труда и актуализируют необходимость проведения исследований по отдельным его сегментам. В то же время принципиально новое отношение к человеческим ресурсам как носителю интеллектуального потенциала определяет важность разработки новых концептуальных подходов и интеллектуальных технологий управления ими. Отсутствие на сегодня четко закрепленной трактовки понятия «интеллектуальное управление рынком

труда ИТ-специалистов», а также концептуальной основы такого управления определяет цель и задачи исследований, проведенных в настоящей главе.

Целью исследований является разработка концептуальных основ интеллектуального управления согласованием спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов.

Задачи, решаемые для достижения поставленной цели, сводятся к следующему:

- определить смысл понятия «интеллектуальное управление спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов»;

- выявить предпосылки, на которых базируется методология исследования рынка труда ИТ-специалистов;

- выделить базовые структурные компоненты, которые должны быть включены в концептуальную модель интеллектуального управления спросом и предложением на ИТ-специалистов;

- определить компоненты, характеризующие интеллектуальную систему управления рынком труда ИТ-специалистов;

- выявить факторы и индикаторы (показатели), характеризующие спрос и предложение на ИТ-специалистов;

- разработать функциональную схему системы интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов.

## **2.1. Разработка концепции интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов**

Состояние экономики страны, уровень ее развития и успешность функционирования оказывают непосредственное воздействие на процессы, происходящие на рынке труда, на взаимоотношения основных его субъектов, условия и параметры, в рамках которых реализуется процесс управ-

ления спросом и предложением в ИТ-сегменте рынка труда.

Процесс управления рынком труда предполагает систематический анализ и идентификацию его состояния, по результатам которых становится возможным выявить тип и степень дисбаланса спроса и предложения и принять решение относительно выбора стратегии их сбалансирования. Иначе говоря, в результате идентификации реального состояния рынка труда подготавливается информационная база для принятия управленческих решений, результатом которых являются конкретные действия. Таким образом, роль рынка труда, как базового элемента социально-экономического развития страны, заключается в поддержании сбалансированности спроса и предложения на человеческие ресурсы (в данном случае на ИТ-специалистов) в различных срезях в соответствии с потребностями развивающейся экономики. Основными функциями управления спросом и предложением на рынке труда являются анализ, идентификация, согласование, прогнозирование.

*Анализ* рынка труда предполагает сбор, систематизацию, обобщение и оценку имеющейся в наличии информации (формальной и неформальной) о спросе и предложении на рынке труда ИТ-специалистов. *Идентификация* состояния рынка труда сводится к выявлению соотношения спроса и предложения, типа и степени дисбаланса спроса и предложения с использованием данных, полученных на основе анализа. *Согласование (сбалансирование) спроса и предложения* предполагает разработку инструментария для поддержки принятия обоснованных управленческих решений по сокращению дисбаланса спроса и предложения на рынке труда. Фактически анализ и идентификация состояния рынка труда являются информационной базой для поддержки принятия оперативных управленческих решений по сбалансированию текущего спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда. *Прогнозирование*

рынка труда подразумевает разработку инструментария для предсказания перспективного спроса и предложения, исходя из возможного изменения состояния рынка под воздействием множества различных факторов. В настоящей монографии проблемы прогнозирования ИТ-сегмента рынка труда не исследуются.

Поскольку в работе суть управления ИТ-сегментом рынка труда сводится к разработке инструментария для поддержки согласованности спроса и предложения на ИТ-специалистов в различных срезах в соответствии с потребностями развивающейся экономики, то рассмотрим современные взгляды на интерпретацию данной проблемы. Согласно [131, 239] процесс согласования спроса на ИТ-специалистов и их предложение охватывает различные модели, методы, процедуры и др., направленные на улучшение координации спроса на профессиональные компетенции (умения, навыки) и их предложения. Это означает, что система профессионального образования и обучения должна ориентироваться на спрос, т.е. профессиональные умения, формируемые учебными заведениями, должны соответствовать профессиональным умениям, требуемым на рынке труда. На сегодня политические инициативы многих стран, в том числе и европейских, направленные на разработку новых технологий и инструментов по регулированию спроса и предложения на ИТ-специалистов и сокращение разрыва между ними, пока не дают желаемого эффекта, и рынки труда и образовательных услуг продолжают функционировать параллельно [102, 108, 110, 229].

Динамика развития сектора ИТ, его интенсивное проникновение в качестве фактора ускорения инноваций в другие сферы экономики обуславливают постоянно меняющиеся квалификационные требования со стороны работодателей к ИТ-специалистам. Это является одной из основных причин дисбаланса (синонимы: несоответствия, несбалансированности, рассогласованности) рынков образо-

вания и труда. В зависимости от качественных и количественных аспектов дисбаланс спроса и предложения на ИТ-специалистов имеет различные формы. Так, с привязкой по времени могут иметь место следующие типы дисбаланса: 1) количественный дисбаланс вследствие дефицита или переизбытка ИТ-кадров, вызванный структурной рассогласованностью профессиональной подготовки ИТ-специалистов вследствие завершения жизненного цикла одних (устаревание компетенций) и появления других, принципиально новых ИТ-профессий и специальностей, а также запоздалой ответной реакции системы образования на потребности рынка труда; 2) вертикальное несоответствие профессий, квалификаций и профессиональных компетенций ИТ-специалистов (профессиональных знаний, умений, практического опыта и т.п.), формируемых учебными заведениями, и квалификаций и навыков, которые необходимы на рынке труда; 3) различные сочетания указанных типов дисбаланса.

Несбалансированность спроса и предложения на ИТ-специалистов может быть идентифицирована на разных уровнях: индивидуальном, уровне предприятия (микроуровне), сектора или экономики в целом (мезо-, макроуровне). Согласно [216]:

– Несбалансированность на индивидуальном уровне характерна для дисбаланса профессиональных компетенций на рабочем месте и связана с разницей между компетенциями ИТ-специалиста и навыками, необходимыми для его работы.

– Несоответствия навыков на уровне предприятия или микроуровне связаны с нехваткой конкретных профессиональных умений, которую испытывают работодатели. Различия в навыках идентифицируются как ситуации, в которых работодатель полагает, что работники не обладают достаточной компетенцией для успешного выполнения своей текущей роли.

– Макроэкономическая несбалансированность спроса и предложения профессиональных компетенций связана с разницей между теми умениями, которыми обладают ИТ-специалисты трудоспособного возраста, и ИТ-умениями, которые требуются в экономике.

Каждый из типов несоответствия спроса и предложения имеет свое специфическое проявление и, соответственно, требует для их оценки разных исходных данных и разных методов. В ИТ-сегменте рынка труда может наблюдаться одновременно несколько разных типов несбалансированности спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Обзор литературы, проведенный в работе [216], показывает, что измерение несбалансированности спроса и предложения на профессиональные компетенции является достаточно актуальной, мало исследованной и трудной задачей, не имеющей на сегодня удовлетворительных решений. Экспериментальные методики для измерения одного и того же типа несоответствия дают разные (даже противоречивые) результаты. Слабо проработаны методологические аспекты оценки дисбаланса спроса и предложения профессиональных умений.

С нашей точки зрения в качестве причин этого можно выделить:

– отсутствие строгого однозначного определения и «размытость» (нечеткость) понятия «несбалансированность спроса и предложения», охватывающего различные типы дефицита компетенций (профессиональных умений) и дисбалансов;

– неопределенность в процессе принятия управленческих решений, связанную с употреблением термина «несоответствие спроса и предложения на ИТ-специалистов» без упоминания конкретного типа несоответствия и ожидаемого воздействия;

– отсутствие эффективных методов и инструментов сбора, обработки, оценки и анализа разнородной

информации: количественной и качественной, формальной и неформальной и т.п.;

– недостаточное исследование таких направлений субъективной оценки несоответствия спроса и предложения профессиональных компетенций, как экспертные оценки и субъективные факторы, возникающих в процессе принятия человеком решений в условиях неопределенности и недостаточной информации об объекте исследования;

– преимущественное использование при оценке уровня дисбаланса спроса и предложения статистических методов, эмпирическую основу которых составляют результаты социологических опросов;

– невозможность в рамках одного метода и типа анализа охватить все важные измерения (на макро- и микроуровне, текущие, краткосрочные, долгосрочные и т.п.);

– необходимость комплексного подхода, сочетающего различные концепции и методы оценки несбалансированности спроса и предложения на ИТ-специалистов [172, 189, 221, 228, 245].

В этих условиях адекватным аппаратом для решения задач управления согласованием спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда могут служить нечеткие множества и нечеткая логика, предоставляющие возможности: 1) вербальной (словесной) формулировки уровней спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда, являющейся более понятной и распространенной как на стратегическом уровне, так и для ЛПР; 2) проведения гибкой экспертной оценки количественных характеристик спроса и предложения на ИТ-специалистов; 3) сведения качественных экспертных оценок к нечетким количественным, что дает возможность одновременного учета в рамках одной модели как количественных, так и качественных оценок; 4) количественного определения разницы между качественными характеристиками (компетенциями) ИТ-специалистов и потребностями рынка

труда и в зависимости от степени рассогласованности между спросом и предложением принять соответствующее управленческое решение [78, 236, 251, 252, 253]. В то же время слабоструктурируемый характер ИТ-сегмента рынка труда, предполагающий участие в функциональной схеме управления (принятия решений) в качестве ключевого элемента человека, обуславливает неэффективность применения математического аппарата классической теории управления при исследовании рынка труда. Так, человек (субъекты рынка труда, эксперт), как основной элемент системы управления рынком труда, оперирует преимущественно качественными оценками параметров спроса и предложения и формирует управляющие решения по их согласованию на основе эвристических правил.

С целью интеллектуализации процесса управления спросом и предложением в ИТ-сегменте рынка труда введено авторское определение понятия «интеллектуальное управление». Под интеллектуальным управлением спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов подразумевается принятие управленческих решений по согласованию (сбалансированию) спроса на ИТ-специалистов и их предложения, предполагающее: 1) формирование в соответствии с конкретной задачей управления множества возможных альтернативных вариантов согласования спроса и предложения; 2) выбор среди возможных альтернативных вариантов согласования спроса и предложения управленческого решения, адекватного целям и условиям поставленной задачи, а также потребностям и предпочтениям основных акторов рынка труда (работодателей и ИТ-специалистов), с одной стороны, и обеспечивающего минимальное отклонение между спросом и предложением – с другой [98].

Разработка системы интеллектуального управления спросом и предложением на рынке ИТ-специалистов обусловлена необходимостью выработки объективной и научно обоснованной информации о развитии ситуации в ИТ-

сегменте рынка труда. Эта информация нужна различным пользователям (государству, образовательным учреждениям, работодателям, физическим лицам, консультантам по трудоустройству и др.) и предназначена для удовлетворения различных потребностей. Так, например, информация о состоянии рынка труда ИТ-специалистов необходима для: 1) выявления несоответствий между спросом и предложением на ИТ-специалистов (количественных, качественных, структурных, навыковых, на микро- и макроуровнях управления и т.п.); 2) определения требований к ИТ-профильному образованию и подготовке; 3) поддержки принятия политических решений в сфере ИТ-занятости и ИТ-образования; 4) поддержки принятия индивидуальных решений по выбору места работы на основе информации о качественной и количественной динамике потребностей в ИТ-рабочих местах, актуальных навыках, вакансиях; 5) выявления спроса на ИТ-профессии и специальности, предвидения будущих тенденций занятости (профессиональных навыков) на ИТ-рынке труда; 6) определения спроса, связанного с потребностями в замещении ИТ-кадров.

### ***Методология исследования рынка труда ИТ-специалистов***

Методология исследования рынка труда ИТ-специалистов в настоящей работе базируется на системном подходе и опирается на следующие предпосылки:

1. Рынок труда ИТ-специалистов является составной частью (локализованным сегментом) национального рынка труда.

2. Как локализованный сегмент рынок труда ИТ-специалистов может рассматриваться в качестве самостоятельной системы, которой присущи определенная цель, функции, организационная структура, механизмы функционирования. При этом состояние системы определяется соотношением спроса ИТ-специалистов и их предложением по совокупности профессий, характерных

для данной отрасли.

3. В соответствии с условиями и динамикой развития сектора ИТ и факторов, воздействующих на рынок труда ИТ-специалистов, складываются уровни спроса и предложения, типы и уровни их рассогласованности, механизмы функционирования и управления ими.

4. Целью интеллектуального управления спросом и предложением на ИТ-специалистов (человеческими ресурсами в сфере ИТ) является принятие обоснованных управленческих решений по обеспечению потребности различных отраслей национальной экономики в ИТ-кадрах с необходимыми компетенциями. Для этого необходима разработка инструментария, поддерживающего принятие управленческих решений по согласованию как количественных, так и качественных составляющих спроса и предложения на ИТ-специалистов.

5. Сущность системы управления ИТ-сегментом рынка труда заключается в управлении кадровым потенциалом в соответствии с потребностями национальной экономики в целом и государственной политикой и целевыми программами развития ИТ-отрасли в частности.

6. Процессы функционирования рынка труда, направленные на минимизацию отклонения между спросом на ИТ-специалистов и их предложением как в количественном, так и в качественном разрезах, базируются на структурном анализе рынка труда, позволяющем исследовать основные элементы последнего: спроса (множества рабочих мест с определенными характеристиками), предложения (множества ИТ-специалистов), механизмов их регулирования и саморегулирования.

В соответствии с концепцией интеллектуального управления спросом и предложением [106, 110] рынок труда ИТ-специалистов рассматривается как интеллектуальное пространство (среда или система), в котором

взаимодействуют основные его субъекты, представляющие спрос (работодатели) и предложение (ИТ-специалисты). В качестве товара на рынке труда ИТ-специалистов рассматриваются компетенции, интегрирующие персонифицированный интеллектуальный потенциал последних, выраженный совокупностью знаний, умений, «мягких» навыков, а также личностных особенностей.

На процессы и механизмы управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов и принятие управленческих решений по их согласованию непосредственное воздействие оказывают также субъекты рынка труда, представленные: 1) институтами посредничества (традиционными и онлайн-рекрутинговыми агентствами); 2) государством, влияющим посредством законодательного регулирования и экономических мер (налоговой политики, инвестиционной политики, создания новых ИТ-профильных рабочих мест и т.п.) на число и структуру ИТ-профильных рабочих мест; 3) образовательными провайдерами, осуществляющими путем непрерывной профессиональной подготовки «поставку» ИТ-специалистов на рынок труда и регулирующими количество и качество предложения последних.

Интерпретация содержания основных субъектов рынка труда ИТ-специалистов в соответствии с реалиями экономики знаний позволяет выделить в качестве базовых структурных компонентов интеллектуального управления согласованием рынка труда:

1) субъектов, предъявляющих спрос на ИТ-кадры через требования к ИТ-профильным вакансиям (множество поисковых образов запросов работодателей);

2) субъектов – претендентов на ИТ-профильные вакансии, предлагающих свой интеллектуальный капитал (множество поисковых образов ИТ-специалистов);

3) механизмы определения соотношения спроса и предложения на ИТ-рынке труда, отражающие степень согласованности (рассогласованности) спроса на ИТ-

специалистов и их реального предложения (модели и методы оценки сбалансированности спроса и предложения);

4) управление согласованием спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов (методы поддержки принятия управленческих решений, сводящихся к выработке мер политики в сфере труда, занятости, адаптации ИТ-образования и обучения к потребностям рынка труда и т. п.).

Указанный набор компонентов предоставляет возможность формализации множества состояний спроса и предложения на ИТ-специалистов, моделирования тенденций изменения последних в определенном временном диапазоне и выработки управляющих воздействий по их количественному и качественному сбалансированию. При этом эффективное сбалансирование предполагает принятие наилучших управленческих решений (стратегий и мер) по минимизации дисбаланса между спросом и предложением [97, 99, 110, 213].

## **2.2. Разработка обобщенной модели интеллектуальной системы управления рынком труда ИТ-специалистов**

С учетом принципов системного подхода, принятых предпосылок и общей концепции интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов формально обобщенная модель интеллектуальной системы управления рынком труда ИТ-специалистов может быть описана следующим образом:

$$I_s = \{Z, V, S, K, M, R, T\}.$$

Здесь  $Z$  – цель интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений по сбалансированию спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов;  $V$  – множество вакансий, поисковые образы которых представлены требованиями работодателей (ЛПР) к квалификационным, профессиональным и личностным характеристикам (компетенциям) кандидатов на определенную ИТ-профильную вакансию;  $S$  – множество ИТ-специалистов, претендующих на ИТ-профильные

вакансии, поисковые образы (профессиональный портрет) которых представлены набором компетенций, которыми владеет каждый отдельный претендент на вакантное рабочее место;  $K$  – набор основных компетенций, характеризующих ИТ-специалиста – претендента на вакансию;  $M$  – множество моделей и методов, позволяющих идентифицировать текущее состояние спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов и оценить уровень их согласованности;  $R$  – множество управленческих решений, направленных на минимизацию рассогласованности спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов;  $T$  – множество временных горизонтов или моментов наблюдения во времени, на протяжении которых оцениваются спрос и предложение на рынке труда ИТ-специалистов.

Процесс управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов согласно цели  $Z$  сводится к реализации некоторого соответствия между множеством  $V$  вакансий, содержащих требования работодателей к ИТ-специалистам (претендентам на вакантные рабочие места), и множеством ИТ-специалистов  $S$ , каждый из которых обладает определенными компетенциями. Векторы спроса и предложения представляют собой входные (управляющие) параметры интеллектуальной системы;  $E$  – внешние и внутренние факторы, воздействующие на спрос и предложение ИТ-специалистов. В качестве выходных параметров интеллектуальной системы рассматривается множество управленческих решений  $R$ , формируемых интеллектуальной системой управления рынком труда ИТ-специалистов.

Формально концептуальная модель функционирования интеллектуальной системы управления может быть выражена посредством правил преобразования входных параметров в выходные и упрощенно описана как  $F:V \cdot S \cdot Z \cdot E \rightarrow R$ , где  $F$  – правило преобразования в системе управления спросом и предложением на

ИТ-специалистов, под которым понимаются любые математические формулы, логические операции, теоретико-множественные соответствия и т.п.

Предлагаемый концептуальный подход к рынку труда ИТ-специалистов предоставляет возможность применения интеллектуальных технологий к формализации отношений спроса и предложения на ИТ-рынке труда и позволяет моделировать процессы управления спросом и предложением посредством взаимодействия таких компонентов, как:

- модель компетенций ИТ-специалиста [204];
- модель спроса на ИТ-специалистов, определяющая эталонные требования к компетенциям претендента на конкретное рабочее место [94, 101, 203];
- модель предложения, определяющая поисковый образ (профессиональный портрет) предпочтения [94, 101, 214];
- модель идентификации состояния спроса и предложения конкретных ИТ-специалистов и методы их согласования [94, 112, 209];
- модель управления конъюнктурой рынка ИТ-специалистов и адаптации системы ИТ-образования к потребностям рынка труда [97, 99].

Так, формально модель ИТ-специалиста представляет собой набор компетенций, показатели, характеризующие каждую отдельную компетенцию, и их значения, весовые коэффициенты важности компетенций и соответствующие им показатели норм для измерения уровней обладания компетенциями по каждому виду деятельности в сфере ИТ, и имеет следующий вид:

$$M_K = \{K, P, \Lambda, N\}.$$

Здесь  $K = (O, L, C)$  – набор основных (базовых) компетенций, характеризующих ИТ-специалиста, сформированный из множества  $O$  – обязательных общих (анкетных) сведений об ИТ-специалисте, включающий

такие показатели, как образование, пол, возраст, стаж работы и др.; множества  $L$  – личностных компетенций, которые требуются для деятельности в сфере ИТ; множества  $C$ , представляющего собой набор профессиональных компетенций, отражающих функциональные требования к ИТ-специалисту в соответствии с основными видами деятельности в сфере ИТ;  $P$  – набор показателей, характеризующих компетенции, и их значений;  $\Lambda$  – весовые коэффициенты важности заданных компетенций;  $N$  – нормы для расчета и оценки уровня обладания компетенциями.

Модель спроса на ИТ-специалистов, определяющая требования к компетенциям претендента на конкретное рабочее место, представляет собой систему предпочтений работодателей к соискателю конкретной вакансии. Эти требования выражены набором компетенций, которыми должен обладать ИТ-специалист – кандидат на замещение вакансии, через призму предпочтений работодателя, и описаны следующим образом:

$$M_v = \{V, K, P, U^v, G^{kp_v}, Q\},$$

где  $V$  – множество ИТ-вакансий, заявленных работодателями для подбора ИТ-специалистов – претендентов на свободные рабочие места;  $K$  – множество компетенций, которыми должны обладать претенденты на ИТ-вакансии (должность, рабочее место);  $P$  – набор показателей, характеризующих компетенции, и их значения;  $U^v$  – множество условий, предлагаемых работодателями (ЛПР) кандидатам на замещение вакансии;  $G^{kp_v}$  – система предпочтений (требований) работодателя относительно наличия у претендентов определенных компетенций и степени обладания их значениями при предлагаемых условиях.

Выражение  $Q: V \cdot K \cdot P \cdot U^v \rightarrow G^{kp_v}$  представляет собой решающее правило для отображения множества

компетенций и их показателей при условиях, предлагаемых работодателем, на предпочтения последнего, и формирующих эталонный поисковый образ (эталонный профессиональный портрет) ИТ-специалиста.

Модель предложения отражает фактическое наличие компетенций, уровень обладания претендентами на конкретное рабочее место этими компетенциями, а также ожидания (притязания ИТ-специалистов относительно удовлетворения работодателем определенных условий), представляющие систему предпочтений каждого отдельного кандидата на замещение вакансии.

Формально модель предложения выглядит следующим образом:

$$M_S = \{S, K, P, U^s, W^{kps}, Q^*\},$$

где  $S$  – множество ИТ-специалистов, ищущих работу и претендующих на ту или иную вакансию;  $K$  – множество компетенций, которыми должны обладать претенденты на ИТ-вакансии;  $P$  – набор показателей, характеризующих компетенции, и их значения;  $U^s$  – притязания ИТ-специалиста к ИТ-профильной вакансии, касающиеся его предпочтений, интересов, мотиваций;  $W^{kps}$  – множество фактических компетенций и уровни обладания ими для каждого отдельного ИТ-специалиста – потенциального претендента на определенную вакансию через призму притязаний ИТ-специалиста. Выражение

$Q^*: S \cdot K \cdot P \cdot U^s \rightarrow W^{kps}$  – представляет собой отображение множества фактических компетенций конкретного ИТ-специалиста, уровня обладания этими компетенциями через призму предпочтений последнего и определяет реальный поисковый образ (профессиональный портрет) ИТ-специалистов.

Композиция указанных выше моделей дает возможность разработать методы поддержки принятия решений по интеллектуальному управлению спросом и

предложением на рынке труда ИТ-специалистов. В зависимости от цели интеллектуального управления можно сформулировать задачи, требующие решения в рамках интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов. Так, можно выделить следующие задачи управления рынком труда ИТ-специалистов, решение которых требует интеллектуальной поддержки:

- анализ и идентификация состояния рынка труда ИТ-специалистов;
- разработка метода определения наиболее востребованных ИТ-профессий и специальностей;
- разработка механизмов эффективного подбора и найма ИТ-кадров (согласования предпочтений сторон спроса и предложения);
- разработка моделей и методов многосценарного анализа соответствия спроса и предложения в системе управления конъюнктурой рынка труда ИТ-специалистов;
- разработка сценариев развития потребности национальной экономики в ИТ-специалистах;
- разработка моделей и методов поддержки принятия решений по управлению развитием человеческих ресурсов в сфере ИТ, направленных на сокращение рассогласования между спросом и предложением на ИТ-специалистов;
- адаптация системы образования и обучения в сфере ИТ к требованиям рынка труда ИТ-специалистов посредством принятия управленческих решений по корректировке политики в области образования и обучения в сфере ИТ в соответствии со спросом на ИТ-кадры и др.

В настоящей работе предложен авторский подход к решению ряда из перечисленных задач.

### **2.3. Индикаторы, характеризующие спрос и предложение на рынке труда ИТ-специалистов**

Анализ различных трактовок рынка труда и его основных структурных компонентов (спроса и предложения), обзор литературы (глава I) показали, что имеется большое разнообразие подходов к определению понятий «спрос» и «предложение» на рынке труда, каждое из которых привязано к контексту поставленной задачи. Перечисленный выше список задач управления рынком труда ИТ-специалистов, решение которых предполагает интеллектуальную поддержку, также подтверждает это утверждение.

#### ***Индикаторы спроса на рынке труда ИТ-специалистов***

В настоящем разделе разработана классификация системы индикаторов (факторов, признаков и показателей), характеризующих спрос (предложение) на рынке труда ИТ-специалистов, базирующаяся на авторской концепции интеллектуального управления человеческими ресурсами в сфере ИТ, специфике ИТ-отрасли и контексте решаемых задач (рис.2.1). Предложенная классификация инвариантна для специалистов различного профиля подготовки, в том числе и для ИТ-специалистов. В процессе разработки классификационной схемы во внимание принят тот факт, что хотя спрос и предложение на человеческие ресурсы в сфере ИТ как парные категории неразрывно взаимосвязаны и взаимообусловлены, однако их содержание кардинально отличается, причем ведущую роль здесь играет спрос [36, 176]. В то же время спрос без соответствующего предложения вызывает дефицит рабочей силы и отрицательно влияет на конъюнктуру рынка труда (говоря о характере категории предложения труда ИТ-специалистов. В данном случае имеются в виду не отдельный ИТ-специалист и предпринимаемые им шаги с целью трудоустройства, а уровень, на котором формируются предложение

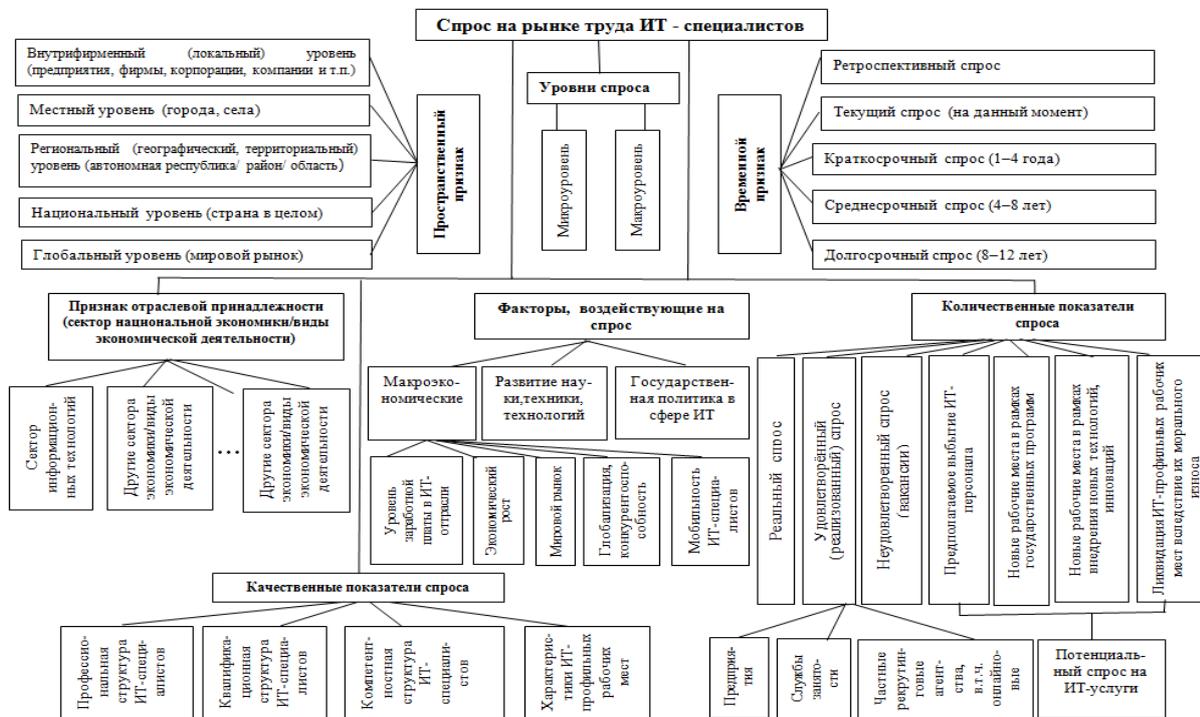


Рис.2.1. Классификационная схема индикаторов, определяющих спрос на рынке труда ИТ-специалистов. *Источник:* разработано автором.

ИТ-специалистов вообще, его объем, структура, динамика, т.е. предложение на уровне отрасли ИТ или национальной экономики) [176, 201]. В этом контексте ряд признаков и показателей, характеризующих спрос, инвариантны также для предложения. Ниже инвариантные признаки и показатели указаны в паре «спрос (предложение)».

Приведем краткую интерпретацию признаков, показателей и факторов, характеризующих спрос на ИТ-специалистов. Более подробное описание индикаторов спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда приведено в [106, 110].

Спрос (предложение) на рынке труда ИТ-специалистов характеризуется по пространственному признаку, который позволяет учесть область его распространения. Учитывая тот факт, что рынок труда ИТ-специалистов в силу своей открытости постоянно должен интегрироваться в мировой рынок, в разряд пространственных признаков включен также глобальный уровень.

Очевидно, что потребность отраслей национальной экономики или видов экономической деятельности (ВЭД) в ИТ-специалистах как в структурном, так и количественном отношении неодинакова. Поэтому одним из признаков спроса (предложения) является его отраслевая принадлежность. Рынок труда и система образования функционируют с разной скоростью.

Поэтому при оценке спроса (предложения) на ИТ-специалистов большую роль играет временной признак, т.е. необходимость учета векторов спроса и предложения по основным показателям в один и тот же момент времени или определенной временной протяженности.

Классификация спроса (предложения) на ИТ-специалистов по времени предъявления характеризует характер и тенденции его развития и подразделяется на: а) ретроспективный спрос (предложение) прошлых годов, данные об объеме и структуре которого позволяют выявить

динамику развития спроса и предложения на ИТ-специалистов; б) текущий спрос (предложение), предъявляемый на рынке в данный момент времени и отражающий конъюнктуру рынка ИТ-специалистов; в) перспективный спрос (предложение), который ожидается в будущем, исходя из возможного изменения состояния рынка под влиянием множества разнообразных факторов.

Еще одним важным индикатором классификации спроса (предложения) в контексте рынка труда ИТ-специалистов, взаимосвязанным с другими признаками и имеющим принципиальное значение, является его разделение на спрос на макро- и микроуровнях. В зависимости от поставленных задач и преследуемых целей границы микро- и макроспроса меняются и для их решения используются разные методы. Однако всевозможные варианты разделения объединяет то, что на микроуровне в качестве «элементарной единицы» выступает предприятие. Это объясняется тем, что именно на уровне предприятия конкретизируются структура и объем спроса на ИТ-специалистов, а также требования к профессиональным и личностным компетенциям ИТ-специалистов. В такой интерпретации макроспрос можно представить в виде многоуровневой иерархической структуры, верхний уровень которой представляет собой спрос на ИТ-специалистов в пределах всей страны, следующий уровень охватывает спрос в пределах регионов (территорий) или отраслей (мезоуровень), далее следует спрос на уровне городов (или типов предприятий) и, наконец, самый нижний уровень представлен предприятиями (микроуровень).

Основные показатели, характеризующие спрос, подразделяются на количественные и качественные. Количественно спрос на рынке труда ИТ-специалистов можно выразить через степень его удовлетворения и классифицировать на макроуровне по таким видам, как

реальный, текущий (на данный момент времени), удовлетворенный, неудовлетворенный, совокупный. Реальный спрос складывается из числа вакансий (неудовлетворенный спрос) как на действующих, так и на вновь вводимых в действие предприятиях и организациях, и количества рабочих мест, занятых работниками, не удовлетворяющими работодателя и ищущими им замену [144]. Этот вид спроса является основным при исследовании рынка труда ИТ-специалистов, поскольку именно он характеризует как фактические, так и формирующиеся и потенциальные потребности экономики страны (региона, отрасли, предприятия и т.п.) в ИТ-специалистах. При этом численность занятых ИТ-специалистов в количественном выражении характеризует удовлетворенный спрос, который фактически отражает количественную и качественную определенность спроса и предложения на ИТ-специалистов за прошлые периоды времени. Реализованный спрос совместно с объемом вакантных рабочих мест составляет совокупный спрос национальной экономики на ИТ-специалистов.

Качественные показатели спроса (предложения) на ИТ-специалистов отражают эволюцию понятия «профессионально-квалификационная» структура рабочей силы и определяются следующими тремя самостоятельными, но тесно связанными индикаторами: 1) профессиональная структура – совокупность различных ИТ-профессий, специальностей и специализаций; 2) квалификационная структура – совокупность ИТ-специалистов различных уровней квалификации (с высшим ИТ-профильным, техническим (инженерным), фундаментальным образованием; со степенью кандидата или доктора наук и т.п.); 3) компетентностная структура – набор требуемых для выполнения различных ИТ-профильных трудовых функций профессиональных и личностных компетенций. Рисунок 2.2 демонстрирует информационные модели качественных показателей спроса и предложения.

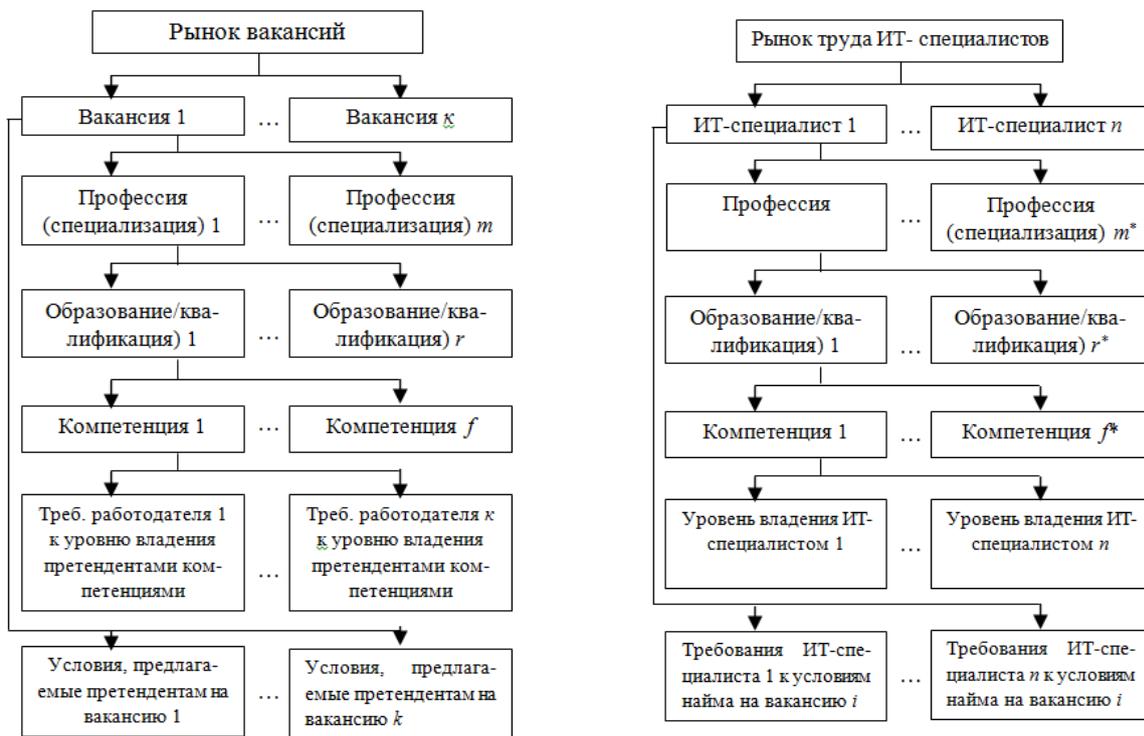


Рис.2.2. Информационная модель: а – спроса; б – предложения.

Источник: разработано автором.

В качестве основных факторов, воздействующих на формирование спроса (предложения) на рынке труда ИТ-специалистов, выступают макроэкономические факторы и тенденции, развитие науки и техники и технологий, государственная политика в сфере ИТ. На эти факторы, в свою очередь, непосредственное влияние оказывают глобализационные процессы и интеграция в мировую экономическую систему, жесткая конкуренция на рынке труда, непрерывные и быстрые изменения в технологиях, способствующие стремительному устареванию знаний и изменениям в содержании ИТ-профессий и специальностей.

В контексте Азербайджана на динамику спроса ИТ-специалистов в стране влияют также процессы информатизации, требования к современному производству, политика расширения отрасли ИТ за счет развития нефтяного сектора экономики, высокие темпы роста зарплат в ИТ-индустрии, усиление мобильности молодых ИТ-специалистов и т.п. Указанные факторы, выступающие в качестве внешних, определяют спрос (предложение) на ИТ-специалистов и оказывают воздействие на количество вакансий. В качестве внутренних факторов, воздействующих на количество вакансий, выступают численность ИТ-специалистов (предложения), выпускаемых учебными заведениями, полученные ими в процессе обучения компетенции, а также предпочтения последних относительно структуры и качества рабочего места.

### ***Индикаторы предложения на рынке труда ИТ-специалистов***

Предложение на рынке труда ИТ-специалистов отражает готовность лиц, заявляющих себя специалистами в области ИТ, предложить свой интеллектуальный капитал за определенные условия к замещению рабочего места (заработная плата, условия труда, возможность

профессионального роста, корпоративная культура и т.п.). На величину совокупного предложения труда, которое состоит из удовлетворенного и текущего предложений труда (занятые и безработные ИТ-специалисты соответственно), и его структуру (пространственную, отраслевую, профессионально-квалификационную, образовательную) непосредственное влияние оказывают демографические тенденции, уровень востребованности и качество интеллектуального потенциала ИТ-специалистов, темпы развития ИТ-индустрии и т.п.

Как и спрос, предложение ИТ-специалистов также тесно привязано к контексту страны. На рисунке 2.3 на примере Азербайджана приведена классификационная схема индикаторов, определяющих динамику совокупного предложения на рынке ИТ-специалистов, и отражены показатели, характеризующие входящий и исходящий потоки, формирующие совокупное предложение.

Входящий поток в основном формируется за счет притока «новоприбывших» по уровням образования: среднеспециального (ССО) и высшего (бакалавриат, магистратура, докторантура), а также включает ИТ-специалистов, по той или иной причине ищущих работу.

Исходящий поток составляют ИТ-специалисты, сменившие сферу профессиональной деятельности, ИТ-специалисты, по различным причинам временно оставившие рынок труда, эмигранты и выбывшие по естественно-возрастным причинам. Эти группы должны быть вычтены из предложения ИТ-специалистов. К сожалению, идентифицировать численность оттока ИТ-специалистов по всем вышеуказанным категориям, включая количество ИТ-специалистов, сменивших сферу профессиональной деятельности, довольно сложно, о чем свидетельствует также международная практика [232, 237, 244].

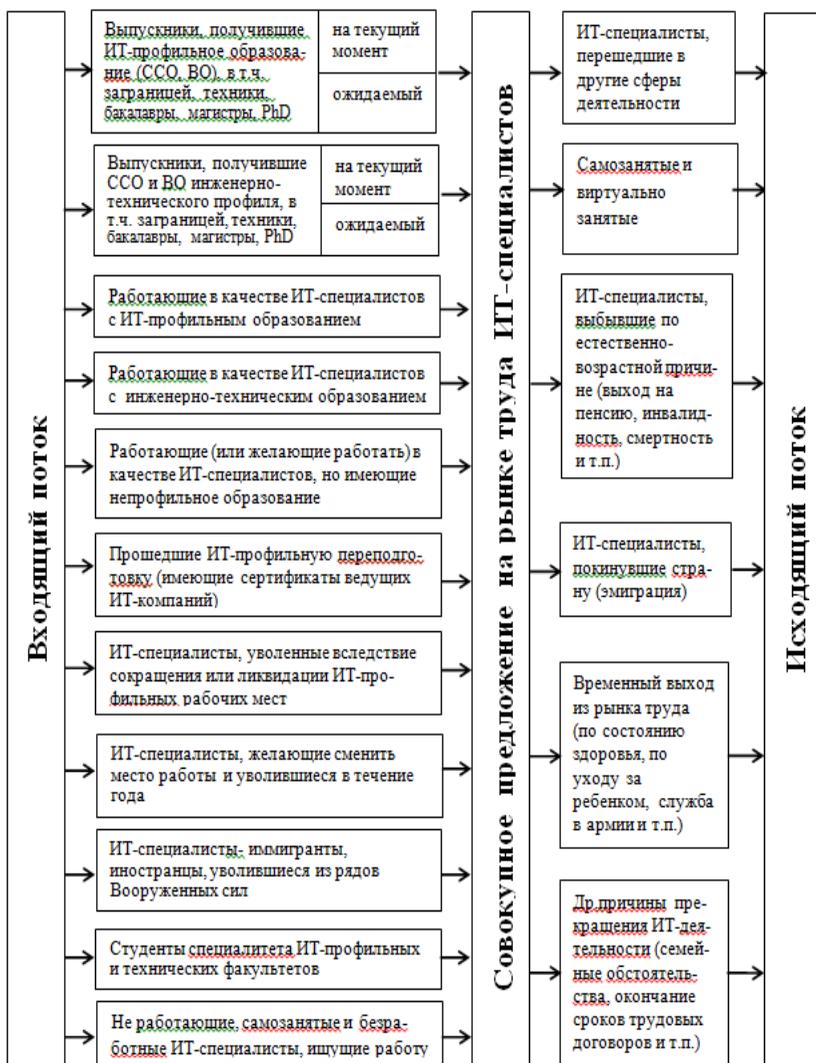


Рис.2.3. Классификационная схема индикаторов, определяющих совокупное предложение на рынке труда ИТ-специалистов (на примере Азербайджана).

Источник: разработано автором.

Из европейских стран на сегодня только в Нидерландах и Ирландии идентифицируют эту информацию. Так, в Нидерландах ежегодно Исследовательским центром по образованию и рынку труда [228] при Маастрихском университете проводятся обследования среди выпускников, окончивших учебное заведение 1,5 года назад. В Ирландии Экспертной группой по вопросам прогнозирования спроса на квалифицированную рабочую силу осуществляется отслеживание дальнейшей деятельности выпускников с использованием персонального уникального идентификатора [226]. Международный опыт показывает, что временный выход из рынка труда и эмиграцию также сложно фиксировать. Поэтому на практике рядом показателей оттока предложения пренебрегается, предполагая, что их численность незначительна, или же используется экспертная оценка.

#### **2.4. Функциональная схема системы интеллектуального управления рынком труда ИТ-специалистов**

Базовыми компонентами рынка труда ИТ-специалистов являются:

- 1) спрос на ИТ-кадры с позиций потребностей предприятий отраслей национальной экономики;
- 2) предложение ИТ-специалистов, формирующееся в основном посредством рынка непрерывных образовательных услуг;
- 3) механизмы и инструменты оценки степени согласованности векторов спроса и предложения;
- 4) механизмы и инструменты поддержки процессов выработки управляющих воздействий по согласованию спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов.

В соответствии с принятой концепцией функционирования рынка труда ИТ-специалистов предложена транзакционная схема интеллектуального управления последним (рис.2.4). При этом во внимание принят тот

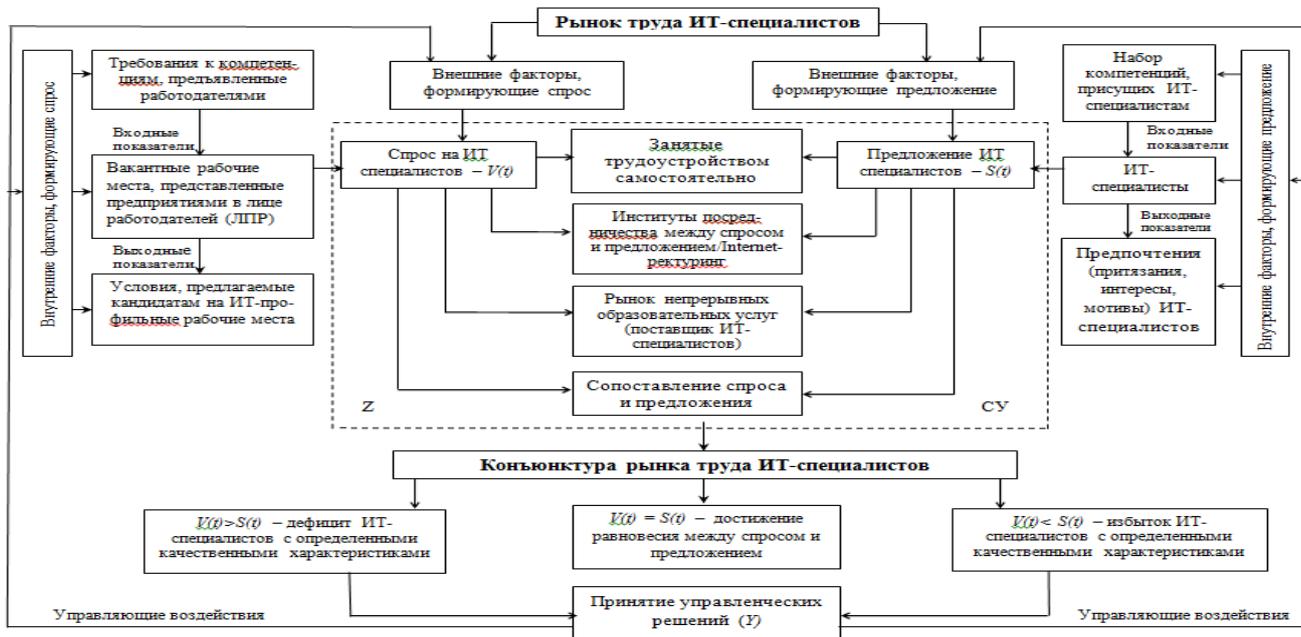


Рис.2.4. Функциональная схема системы интеллектуального управления рынком труда ИТ-специалистов. *Источник:* разработано автором.

факт, что рынок образовательных услуг является одним из основных источников притока рабочей силы на рынке труда и инфраструктурным элементом его регулирования, в том числе и в разрезе профессионально-квалификационных групп [233].

В контексте отрасли ИТ именно через рынок непрерывных образовательных услуг обеспечивается входной поток ИТ-специалистов, являющихся носителями требующихся ИТ-профессий, специальностей и квалификаций. Это дает возможность разработать единое модельное представление взаимодействия системы вакансий (спроса), ИТ-профильной рабочей силы (предложения), институтов, непосредственно воздействующих на процессы и механизмы управления спросом и предложением на ИТ-специалистов.

Следует также учесть характерную особенность задач оценки дисбаланса спроса и предложения на рынке труда, заключающуюся в том, что информация для их решения складывается из процессов наблюдения состояний спроса и предложения в различных временных интервалах и из разных источников. Это означает, что данные о наблюдаемых ситуациях являются существенно зависимыми от времени, и необходимо говорить о спросе и предложении и их соотношении в определенном временном диапазоне.

### **ГЛАВА III. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОГЛАСОВАНИЕМ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ В ИТ-СЕКМЕНТЕ РЫНКА ТРУДА НА МИКРОУРОВНЕ**

При исследовании процессов согласования спроса и предложения необходимо четко выделить уровень, на котором будет оцениваться дисбаланс. Так, задачу моделирования процессов взаимодействия спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов и управления ими можно рассматривать на микро- и макроуровне.

На микроуровне задача идентификации состояний спроса и предложения рассматривается с позиций отдельных субъектов рынка труда (ИТ-специалистов и работодателей) и их поведенческих стратегий. В качестве «элементарной единицы» на этом уровне выступает предприятие, поскольку именно на этом уровне конкретизируются структура и объем спроса на ИТ-специалистов, а также требования к их профессиональным и личностным компетенциям. В такой интерпретации задача выявления степени соответствия спроса и предложения на микроуровне сводится к разработке механизмов эффективного отбора и найма ИТ-специалистов. Значимость этого заключается в том, что сотрудники, в т.ч. и ИТ-специалисты, с присущим им интеллектуальным капиталом составляют ядро любого предприятия и необходимы для достижения его целей.

На макроуровне задача моделирования процессов взаимодействия спроса и предложения на ИТ-специалистов и управления ими в зависимости от поставленной цели сводится к сбалансированию спроса и предложения на ИТ-специалистов в пределах различных территориальных и географических единиц (на уровне отраслей, регионов, страны в целом и т.п.). Будучи подсистемами единого рынка труда, микро- и макроуровни находятся в

неразрывном единстве и постоянно взаимопроникают друг в друга. Так, спрос и предложение на определенной территории непосредственно зависят от спроса и предложения на микроуровне в разрезе той же территориальной единицы.

Формально общая задача идентификации состояния рынка труда в форме модели «спрос – предложение» может быть описана тройкой  $D = \langle V, S, R \rangle$ , где:  $V$  – множество вакансий;  $S$  – множество ИТ-специалистов;  $R$  – множество правил, определяющих отношения между элементами множеств  $V$  и  $S$ .

Процессы распознавания и оценки состояний спроса и предложения реализуются отображением  $F: D \rightarrow Z$ , где  $Z$  – решение поставленной перед интеллектуальной системой задачи  $D$  в виде конкретного целевого условия, соответствующего цели распознавания и оценке в конкретной ситуации.

На микроуровне – это правила (подходы, методы, процедуры), позволяющие сопоставить описания реальных состояний ИТ-специалистов (претендентов на определенную вакансию) со всеми состояниями спроса (квалификационными требованиями работодателя к претендентам на заявленные вакансии) и выявить степень расхождения между ними.

На макроуровне – это правила, позволяющие определить суммарный спрос и предложение на ИТ-специалистов по различным ИТ-профессиям и специализациям и степень их сбалансированности, отражающие конъюнктуру рынка труда ИТ-специалистов.

### **3.1. Многоитерационный скрининговый подход к управлению спросом и предложением на ИТ-специалистов**

Проблема трудоустройства является одной из актуальных в обеспечении социально-экономической стабильности общества. Для решения этой проблемы

необходима разработка механизмов, обеспечивающих, с одной стороны, баланс между спросом и предложением на рынке труда, а с другой – эффективную взаимосвязь между рынком труда и рынком образовательных услуг. Анализ динамики и перспектив развития ИКТ-сектора и соответствующей ситуации на кадровом рынке показывает, что наряду с тенденцией значительного роста спроса на ИТ-специалистов наблюдается также рост уровня требований к их профессиональным и личностным характеристикам. Быстрая смена ИТ обуславливает необходимость систематической научно-технической модернизации организации, что, в свою очередь, требует новых подходов к подбору ИТ-персонала [94, 206, 209].

Современные подходы к разработке политики управления человеческими ресурсами требуют изменения традиционной последовательности действий в процессах подбора и приема на работу и предполагают разработку новых концептуальных положений к созданию эффективной системы трудоустройства. Основные концептуальные положения, предлагаемые в работе, сводятся к следующему: 1) разработка последовательности действий и процедур процесса подбора и приема на работу; 2) установление перечня требований и критериев оценки личности, предъявляемых тем или иным работодателем к претендентам на конкретную должность; 3) выбор показателей и методов отбора кандидатов, в наибольшей степени отвечающих предпочтениям работодателя; 4) генерация сценариев подбора и найма, включающих параметры спроса и предложения (работодателей и ИТ-специалистов) и учитывающих контекст поставленной задачи; 5) возможность моделирования различных сценариев согласования спроса и предложения при подборе ИТ-персонала.

Требования работодателей к кандидату на замещение определенной вакансии выражаются системой показателей, позволяющих оценить уровень развития у специалиста определенного набора профессиональных характеристик

(компетенций). Согласно обобщенной модели интеллектуальной системы управления рынком труда ИТ-специалистов (см. раздел 2.2), набор основных компетенций, характеризующих ИТ-специалиста, сводится к трем группам: анкетные, профессиональные и личностные характеристики.

Так, *анкетные данные* предоставляют общие сведения о претенденте (возраст, пол, место жительства и т.п.).

Наиболее сложной проблемой при решении задачи трудоустройства являются выявление и формирование набора профессиональных и личностных характеристик, а также определение степени их соответствия требованиям, выдвинутым работодателем к претенденту на замещение предъявленной вакансии.

*Профессиональные характеристики* специалиста (образование, квалификация, профессиональный опыт, знания, умения и навыки) предоставляют информацию об основных профессиональных качествах последнего в конкретно рассматриваемой предметной области, в данном случае в сфере ИТ. Это значит, что любой специалист может быть описан множеством характеризующих его с различных сторон критериев и показателей. Профессионально значимые характеристики специалиста и возможность выявления степени обладания этими качествами, т.е. определение реальных профессиональных компетенций ИТ-специалистов, позволяют оценить уровень соответствия последних конкретным требованиям работодателя.

*Личностные качества* характеризуют специалиста как личность и выражают моральные, деловые, поведенческие качества, т.е. способности, проявляемые специалистом и необходимые для решения конкретных задач в области его профессиональной деятельности.

Трудоустройство, т.е. подбор и прием на работу, будучи одной из функций управления человеческими ресурсами, предполагает идентификацию состояний спроса

и предложения, разработку инструментария для сравнения и оценки их соотношения и принятия решения о найме кандидата, в наибольшей степени отвечающего требованиям работодателя (рынка труда). Это будет считаться результатом решения задачи управления согласованием спроса и предложения в процессе трудоустройства ИТ-специалистов.

Как известно, реальный процесс отбора нужных специалистов включает несколько итераций, на каждой из которых проводится скрининг претендентов (англ. screening – просеивание, фильтрация), не отвечающих основным требованиям работодателей. Подбор кандидатов, как правило, начинается с первичного скрининга, который предполагает анализ и оценку претендентов с точки зрения их соответствия ключевым требованиям вакансии, таким, как специализация, квалификация, опыт работы, знание определенных ИТ-платформ, технологий и пр. В данном случае претендентами считаются лица, желающие занять ИТ-профильную вакансию, кандидатами являются лица, отобранные из множества претендентов, среди которых предполагается сделать выбор ИТ-специалиста, в наибольшей степени соответствующего требованиям работодателя.

Основная цель первичного скрининга состоит в быстром подборе наиболее подходящих кандидатов посредством отсеивания претендентов, не обладающих минимальным набором характеристик, необходимых для занятия вакантной должности. Естественно, что этот минимальный набор в зависимости от специальности и потребности организаций является различным [65, 158]. Последующие итерации (этапы) подбора подходящих кандидатов построены на принципе важности тех или иных характеристик последних для работодателя и предполагают дальнейший отсев претендентов.

С учетом многоэтапного характера реального набора персонала на вакансию и изложенных выше положений

предложен скрининговый подход, позволяющий формализовать процесс трудоустройства. Суть подхода сводится к введению некоторых «фильтров», позволяющих «сузить» список претендентов путем их быстрой оценки и просеивания (филтрации) претендентов, не удовлетворяющих требованиям организации. Для этого каждому работодателю (имеется в виду представитель организации, ответственный за человеческие ресурсы) предоставляется набор профессиональных характеристик ИТ-специалиста, состоящий из множества критериев и определяющих их показателей. Предлагается оценить и ранжировать все компетенции с позиций их обязательности, желательности и не востребованности для работодателя с учетом того, насколько оцениваемая компетенция важна для реализации требований и предпочтений последнего в отношении предлагаемой должности. При этом учитывается тот факт, что показатели, обязательные для одного работодателя, для целей и потребностей другого могут быть нежелательными или даже ненужными.

Подход базируется на результатах экспертной оценки, а в качестве экспертов выступают работодатели – заявители вакансий и требований к претендентам на вакансии. Для этого в рамках мониторинга [104] ИТ-сегмента рынка труда был проведен опрос среди 101 работодателя. Результаты опроса показали, что для занятия определенного рабочего места (должности) по конкретной ИТ-специальности состав и характер требований, предъявляемых со стороны работодателей, различные. Использование в процессе подбора фильтров «обязательность», «желательность» и «не востребованность» обеспечивает сужение списка кандидатов, подлежащих процедуре оценки. Так, например, шансы на трудоустройство кандидата на определенную вакансию, не удовлетворяющего какому-либо из обязательных требований работодателя, приравниваются к

нулю и данный претендент автоматически выпадает из списка оцениваемых.

В данном контексте для решения задачи управления процессом трудоустройства ИТ-специалистов посредством экспертного опроса выявлен перечень основных характеристик (критериев)  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_6\}$ , отражающих требования работодателей (спроса):  $k_1$  – возраст;  $k_2$  – пол;  $k_3$  – образование;  $k_4$  – личностные качества;  $k_5$  – профессиональные характеристики в сфере ИТ;  $k_6$  – дополнительные профессиональные знания и навыки.

Для выявления степени важности указанных критериев для работодателя, с одной стороны, а также уровня обладания ими претендентов (ИТ-специалистов) – с другой, для каждого критерия определяется множество характеризующих его показателей с соответствующими им градациями, имеющими как количественный, так и качественный характер. В зависимости от характера критериев некоторые из них формализуются в виде нечетких чисел (заработная плата), другие определяются в виде нечеткого интервала (возраст) или же в виде лингвистических и нечетких переменных при их вербальном задании (владение иностранным языком).

В представленном выше перечне все критерии, за исключением  $k_2$  (пола), являются нечеткими. Так, например, количественный критерий  $k_1$  (возраст) может принимать значения из различных, заданных экспертами интервалов: [18–22], [23–35], [36–45] и т.п. Критерий  $k_3$  – образование может принимать следующие лингвистические значения: очень высокий уровень образования (выше требуемого); уровень образования, равный требуемому; очень низкий уровень образования (намного ниже требуемого). В зависимости от контекста поставленной задачи некоторые критерии могут быть определены также однозначно, т.е. их значения могут быть приняты четкими. В настоящей работе

критерии  $k_1, k_2, k_3$  приняты четкими. Так, например, в соответствии с результатами экспертного опроса критерий  $k_1$  выражается тремя показателями – *ниже 20 лет, в пределах 20–35 лет, выше 35 лет*. Однако в данном случае в расчет принимается только фактор включения или невключения возраста конкретного кандидата в указанные возрастные диапазоны. Критерий  $k_2$ , естественно, характеризуется двумя показателями – мужчина и женщина. Поскольку путем опроса требуется выявить востребованность со стороны работодателей различных уровней квалификации, то в данном случае критерий  $k_3$  описывается такими показателями, как высшее образование, высшее ИТ-образование, незаконченное высшее образование, ССО, сертифицированные компьютерные курсы и др.

Как следует из указанных выше показателей, без применения вербальных понятий формально определить параметры претендентов на определенную вакансию достаточно сложно. При этом большинству параметров соискателей рабочего места свойственна высокая степень неопределенности, вследствие чего практически ни одна методика не обходится без использования экспертных оценок. Поэтому оценка претендентов по этим показателям может быть реализована с использованием экспертной оценки и логических методов.

Следует отметить, что система критериев и показателей, характеризующих профессиональные характеристики специалистов, является открытой и в соответствии со специфическими требованиями работодателей может быть расширена.

Как методологическая основа для автоматической реализации данного концептуального подхода ниже предлагаются возможные сценарии поэтапного отсеивания претендентов и выбора среди них наиболее подходящего с позиций работодателя. В качестве примера в таблице 3.1 представлен обобщенный результат ранжирования

значимости для работодателей критериев *образование, личностные качества и профессиональные характеристики в сфере ИТ* для специальности *инженер-программист*. Полученные результаты показывают, что в условиях рыночной конкуренции задача отбора кандидатов на вакантные должности с использованием инновационных технологий приобретает для работодателей особую актуальность и обуславливает необходимость индивидуального подхода к подбору ИТ-кадров, учитывающего требования и предпочтения каждого отдельного работодателя, согласующиеся с типом, профилем и специализацией его организации. При этом специфические особенности, характеризующие задачу приема кандидатов на работу, перечисленные ниже, демонстрируют ее достаточную сложность:

- многокритериальность и разнородность данных, характеризующих как уровень компетентности специалиста (его знаний, умений, личностных качеств), так и требования к квалификации;

- наличие критериев и показателей как количественного, так и качественного характера;

- неравноценность критериев и показателей, характеризующих ИТ-специалистов;

- необходимость учета мнений различных экспертов в процессе оценки критериев и показателей;

- иерархичность оценок критериев, характеризующих оцениваемый объект, выраженная в том, что каждый отдельный критерий верхнего уровня основывается на агрегировании показателей ближайшего нижнего уровня и т.д.;

- зависимость важности показателей, характеризующих претендента на занятие конкретной должности, от требований работодателя, т.е. от субъективного фактора.

Таблица 3.1.

Обобщенный результат ранжирования по значимости для работодателей критериев *образование, личностные качества и профессиональные характеристики* в сфере ИТ для специальности *инженер-программист*

Значимость показателей с позиций работодателя	Условное обозначение	Обязательный (%)	Желательный (%)	Требований не предъявляется (%)
Показатели, характеризующие ИТ-специалиста				
1	2	3	4	5
<b>Образование:</b>	$k_3$			
высшее образование	$k_{31}$	68.1	25	6.9
высшее ИТ-образование	$k_{32}$	30.6	51.4	18
незаконченное высшее образование	$k_{33}$	12.5	18	69.5
ССО	$k_{34}$	4.2	9.7	86.1
Сертифицированные компьютерные курсы	$k_{35}$	5.7	30.6	63.7
<b>Личностные качества</b>	$k_4$			
исполнительская дисциплина	$k_{41}$	75.1	18	6.9
инициативность	$k_{42}$	23.6	55.5	20.9
навыки передачи опыта	$k_{43}$	13.9	57	29.1
умение работать в команде	$k_{44}$	34.8	29.1	36.1
аналитическое мышление	$k_{45}$	17.2	50	32.8

Продолжение табл.3.1.

1	2	3	4	5
<b>Профессиональ- ные характе- ристики в сфере ИТ</b>	$k_5$			
программирование на базе SQL	$k_{51}$	13.9	68.1	18
программирование на языке Delphi	$k_{52}$	5.6	84.7	9.7
автоматизация документооборота	$k_{53}$	13.9	50	36.1
системное адми- нистрирование	$k_{54}$	23.6	57	19.4
поддержка информационной безопасности	$k_{55}$	20.9	61.1	18
и т.п.	...	...	...	...

Перечисленные особенности определяют нечеткость среды, в которой должна рассматриваться задача приема на работу по ИТ-специальностям, обуславливают принятие решений по отбору наиболее приемлемого кандидата на вакансию в плохо определенной нечеткой ситуации и требуют для эффективного решения указанной задачи применения интеллектуальных технологий. Это, в свою очередь, вызывает необходимость выбора адекватных формализмов моделирования процессов трудоустройства, позволяющих учесть нечеткость, количественный и качественный характер показателей, предоставить вербальное описание решаемой задачи путем введения лингвистической переменной для формализации требований работодателей, притязаний ИТ-специалистов, экспертных знаний и т.п.

В качестве формализма для решения задачи управления процессами трудоустройства предпочтение отдано математическому аппарату теории нечетких множеств, который позволяет разработать формальные методы поддержки принятия решений по согласованию спроса и предложения в процессе отбора и найма ИТ-специалистов.

### 3.2. Нечеткий мультисценарный метод согласования спроса и предложения в процессе трудоустройства ИТ-специалистов

В настоящее время с целью управления спросом и предложением на рынке специалистов различного профиля создаются различные информационные системы поддержки трудоустройства, располагающие базами данных спроса и предложения с выходом в Интернет. Однако методики с элементами искусственного интеллекта, формализующие процессы трудоустройства и служащие основой для создаваемых информационных систем и сайтов, поддерживающих работу баз данных спроса и предложения специалистов, в том числе и в сфере ИТ, практически отсутствуют.

Для реализации описанного выше концептуального подхода использован нечеткий многокритериальный метод согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов в процессе их трудоустройства [94, 202, 211, 215]. Предложенный концептуальный подход и метод его реализации в определенной степени могут совершенствовать управление процессом трудоустройства и оказать поддержку работодателям в принятии ими обоснованных решений по отбору кадров, а также могут использоваться в качестве концептуальной и методологической баз системы интеллектуального управления трудоустройством ИТ-специалистов.

#### Постановка задачи

Пусть  $X = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  – множество альтернатив, в качестве которых выступает список кандидатов, претендующих на должность, и среди которых необходимо выбрать наилучшую, т.е. наиболее подходящую требованиям работодателя, кандидатуру;

$K = \{k_j, j = \overline{1, m}\}$  – множество критериев (признаков, свойств), характеризующих альтернативы.

Критерии, характеризующие претендентов на занятие конкретной должности, определяются множеством неравноценных показателей, т.е.  $k_j = \{k_{jt}, t = \overline{1, s}\}$ , где  $s$  – число показателей, определяющих  $k_j$ .

Множество допустимых альтернатив представляется двумерной матрицей, в которой степень удовлетворения альтернативы  $x_i$  показателю  $k_{jt}$  определяется функцией принадлежности  $\varphi_{k_{jt}}(x_i): X \times K \rightarrow [0, 1]$ . С другой стороны, эти показатели в зависимости от требований работодателя (в данном случае работодатель выступает в качестве ЛПР, к претенденту на занятие конкретной должности могут иметь различный характер, т.е. быть обязательными, желательными или не востребованными (ненужными).

Пусть известны:

1)  $\{\varphi_{k_{jt}}(x_i), t = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}\}$  – функции принадлежности альтернативы  $x_i$  показателям  $\{k_{jt}, t = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}\}$ , т.е. база предложения, представляющая собой поисковые образы ИТ-специалистов, обладающих конкретными реальными характеристиками;

2) требования ЛПР относительно занятия конкретной должности, выраженные в оценках важности показателей  $\{k_{jt}, t = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}\}$  посредством классификации их по группам обязательных, желательных и ненужных, т.е. база спроса, представляющая собой поисковые образы запросов работодателей (требования работодателей по набору критериев и уровню обладания ими).

**Целью задачи** являются выбор из базы предложений наилучшей альтернативы, соответствующей поисковому образу конкретного запроса из базы спроса, и дальнейшее ранжирование списка альтернатив от наилучшего к наихудшему:  $K: X \rightarrow X^*$ , где  $X$  – исходное множество альтернатив;  $K$  – множество обязательных, желательных и ненужных показателей;  $X^*$  – ранжированный список

альтернатив.

В содержательной постановке цель задачи можно описать как отбор на предлагаемую вакансию кандидатов, в наибольшей степени отвечающих предпочтениям работодателя как по набору характеристик (критериев), так и по степени обладания ими.

### Решение задачи.

**1. Моделирование базы спроса** (поискового образа запроса работодателя). Для занятия конкретной должности ЛПР (работодатель) оценивает все показатели, предоставленные конкретными ИТ-специалистами-претендентами (поисковые образы ИТ-специалистов) с позиций их значимости как обязательных ( $O$ ), желательных ( $G$ ) и ненужных ( $N$ ) и, таким образом, выражая свои требования, определяет поисковый образ запроса на поиск нужного ИТ-специалиста. В результате оценки всех претендентов и ранжирования характеризующих их показателей на удовлетворение по трем группам качественных составляющих формируются соответствующие множества:  $\{O\}, \{G\}, \{N\}$ , которые удовлетворяют следующим условиям:

$$\{O\} \cap \{G\} \cap \{N\} = \emptyset \text{ и} \\ \{O\} \cup \{G\} \cup \{N\} = \{k_{jt}, t = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}\},$$

т.е. указанные множества не имеют общего элемента и любой  $k_{jt} \in k_j \in K$  относится только к одному из этих множеств.

Разные требования работодателей к каждому набору показателей  $\{k_{jt}, t = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}\}$  определяют характер взаимоотношений между множествами  $\{O\}, \{G\}, \{N\}$  и возможные сценарии, которые могут быть представлены следующими ситуационными вариантами.

*Сценарий 1.* Все показатели, характеризующие критерий  $k_j$ , где  $k_j = \{k_{j1}, \dots, k_{js}\}$ , являются обязательными:

$$k_{jt} \in \{O\}, t = \overline{1, s}.$$

*Сценарий 2.* Одни показатели, характеризующие критерий  $k_j$ , являются обязательными, а другие – ненужными:  $k_{jt} \in \{O\} \cup \{N\}, t = \overline{1, s}$ .

*Сценарий 3.* Все показатели, характеризующие критерий  $k_j$ , являются желательными:  $k_{jt} \in \{G\}, t = \overline{1, s}$ .

*Сценарий 4.* Часть показателей, характеризующих критерий  $k_j$ , является желательной, а другая – ненужной:  $k_{jt} \in \{G\} \cup \{N\}, t = \overline{1, s}$ .

*Сценарий 5.* Одна часть показателей, характеризующих критерий  $k_j$ , относится к разряду обязательных, а другая – к категории желательных:  $k_{jt} \in \{O\} \cup \{G\}, t = \overline{1, s}$ .

*Сценарий 6.* Часть показателей, характеризующих критерий  $k_j$ , является обязательной, а другая – желательной и ненужной:  $k_{jt} \in \{O\} \cup \{G\} \cup \{N\}, t = \overline{1, s}$ .

*Сценарий 7.* Все показатели, характеризующие критерий  $k_j$ , являются ненужными:  $k_{jt} \in \{N\}, t = \overline{1, s}$ .

**2. Формирование базы предложения.** База предложения формируется в результате выявления конкретных характеристик ИТ-специалиста и степени обладания этими характеристиками, т.е. определения степени удовлетворения альтернатив критериям. Критерии  $k_1, k_2, k_3$  характеризуются четкими показателями, и соответствие альтернатив этим критериям определяется однозначно на основе представленных данных. Критерии  $k_4, k_5, k_6$  характеризуются нечеткими, неопределенными показателями, имеющими качественный характер, поэтому для определения степени удовлетворения альтернатив этим критериям, т.е. для оценки уровня обладания каждым

конкретным претендентом этими характеристиками возникает необходимость использования экспертных знаний, выраженных, как правило, на естественном языке. Формирование базы предложения предполагает наличие следующих элементов:

- формирование множества альтернатив (кандидаты, претендующие на должность);

- выбор группы экспертов и выявление с их помощью нормированной шкалы для формализации качественных показателей;

- выработка единой коллективно согласованной оценки показателей, характеризующих критерии.

Для определения степени удовлетворения альтернативы  $x_i$  показателям  $k_{jt}$ ,  $t = \overline{1, s}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , т.е. расчета набора соответствующих функций принадлежности, каждому элементу подмножества критериев  $k_j$  присваиваются качественные градации, упорядоченные от наилучшей к наихудшей, и их нечеткие соответствия. Таблица 3.2 на примере показателя «владение английским языком», характеризующего критерий  $k_6$  «дополнительные профессиональные навыки», иллюстрирует описанную процедуру.

Далее членами экспертной группы для каждой градации определяются значения индивидуальных нечетких оценок из соответствующей области определения, входящей в интервал  $[0,1]$ . Объединение индивидуальных оценок отдельных экспертов в единую, коллективную оценку определяет окончательную нечеткую оценку градаций и производится:

Таблица 3.2.

Задание качественных градаций и их нечетких  
соответствий для показателя  
«владение английским языком»

Качественные градации показателя «владение английским языком», характеризующего критерий «дополнительные профессиональные навыки»	Лингвистическая оценка	Область нечетких соответствий
1. владеет в совершенстве	отлично	[0,9–1]
2. владеет свободно	хорошо	[0,65–0,89]
3. может объясняться в своей предметной области	нормально	[0,36–0,64]
4. может объясняться на бытовом уровне	плохо	[0,10–0,35]
5. объясняется со словарем	очень плохо	[0,09–0,01]

1) по правилу пересечения нечетких множеств (выбирается минимальная из оценок функций принадлежности); 2) по правилу объединения нечетких множеств (выбирается максимальная из оценок функции принадлежности);

3) посредством согласованного выбора в нечетких множествах индивидуальных экспертных оценок, который используется в данной работе. В соответствии с последним в качестве коллективной выбирается та индивидуальная оценка, которую дает некоторый специально сконструированный «наиболее предпочтительный» эксперт. Такой эксперт в каждой точке области всех возможных альтернатив выбирает в качестве меры принадлежности этой точки коллективной оценки ту из высказанных экспертами мер ее принадлежности индивидуальным оценкам, которая в общем случае удалена от крайних оценок, имеющих в данном коллективе и занимает некоторое «среднее» положение [80].

На основе степени удовлетворения альтернатив показателям, т.е.  $\varphi_{k_j}(x_i)$ ,  $j = 1, m$ ,  $t = 1, s$ , формируется база предложения – множество поисковых образов конкретных

ИТ-специалистов, в той или иной мере обладающих профессиональными характеристиками.

**3. Оценка альтернатив.** В процессе подбора кандидатов на предъявленные вакансии предлагаются следующие подходы для оценки соответствия альтернатив предъявленным требованиям (запросам) работодателей.

**Первый этап.** На основе логического вывода определяется соответствие базы предложения и базы спроса по обязательным показателям, и как результат первичного отбора происходит процесс отсеивания альтернатив. Другими словами, альтернативы, не удовлетворяющие обязательному требованию по какому-либо признаку, исключаются из списка кандидатов, претендующих на должность.

**Второй этап.** В соответствии со сгенерированными сценариями определяются функции принадлежности альтернатив критериям  $k_4, k_5, k_6$ .

Согласно сценарию 1, если все показатели, характеризующие критерий  $k_j$ , являются обязательными, то функция принадлежности альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется на основе следующей формулы:

$$\varphi_{k_j}(x_i) = \prod_{t=1}^s [\varphi_{k_{jt}}(x_i)^{w_{jt}}]. \quad (3.1)$$

Здесь  $w_{jt}$  – коэффициент важности показателя  $k_{jt}$  и  $\sum_{t=1}^s w_{jt} = 1$ , методика определения которого приведена в [79,134].  $\varphi_{k_{jt}}(x_i)$  – функция принадлежности альтернативы  $x_i$  показателю  $k_{jt}$ .

В соответствии со сценарием 2 допустим  $g, g < s$  – число ненужных показателей критерия  $k_j$  в системе предпочтений ЛПР. Тогда функция принадлежности

альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется на основе формулы (3.1) для  $s - g$  показателей.

Согласно *сценарию 3*, функция принадлежности альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется по формуле:

$$\varphi_{k_j}(x_i) = \sum_{t=1}^s w_{jt} \varphi_{k_{j_t}}(x_i). \quad (3.2)$$

Соответственно *сценарию 4* на основе формулы (3.2) функция принадлежности альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется по показателям, входящим в множество  $\{G\}$ .

В соответствии со *сценарием 5* степень принадлежности альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется следующим образом:

$$\varphi_{k_j}(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } \prod_{d=1}^g \varphi_{k_{j_d}}(x_i) = 0 \\ \sum_{t=1}^s w_{jt} \varphi_{k_{j_t}}(x_i), & \text{если } \prod_{d=1}^g \varphi_{k_{j_d}}(x_i) \neq 0. \end{cases}$$

Здесь  $k_{j_d} \in \{M\}$ ,  $d = \overline{1, g}$  – обязательные показатели, характеризующие  $k_j$ ,  $g < s$ .

Согласно *сценарию 6*, если  $s - c$  – число ненужных,  $g$  – число обязательных показателей, характеризующих критерий  $k_j$ , то функция принадлежности альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется следующим образом:

$$\varphi_{k_j}(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } \prod_{d=1}^g \varphi_{k_{j_d}}(x_i) = 0 \\ \sum_{t=1}^{s-c} w_{jt} \varphi_{k_{j_t}}(x_i) & \text{если } \prod_{d=1}^g \varphi_{k_{j_d}}(x_i) \neq 0. \end{cases}$$

*Сценарий 7* предполагает ненужность всех показателей, характеризующих критерий  $k_j$ , поэтому необходимость в вычислении функций принадлежности альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  отпадает и данный критерий не учитывается.

**Третий этап.** Определяется функция принадлежности альтернативы  $x_i$  обобщенному критерию  $K$ , т.е.  $\varphi_K(x_i), i = \overline{1, n}$ , на основе агрегирования функций принадлежности  $\{\varphi_{k_j}(x_i), j = 4, 5, 6\}$  по следующей формуле:

$$\varphi_K(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } \prod_{j=4}^6 \varphi_{k_j}(x_i) = 0 \\ \sum_{j=4}^6 w_j \varphi_{k_j}(x_i) & . \end{cases}$$

Здесь,  $w_j$  – коэффициент важности критерия  $k_j$ .

Далее выбирается альтернатива, имеющая максимальную степень принадлежности обобщенному критерию  $K$ :

$$\varphi(x^*) = \max\{\varphi_K(x_i), i = \overline{1, n}\}.$$

Выбранная альтернатива, являющаяся наилучшей среди возможных, займет первую позицию в упорядоченном списке альтернатив.

### **3.3. Разработка метода нечеткого ситуационного управления рассогласованием спроса и предложения на ИТ-специалистов**

Несоответствия навыков на уровне предприятия или микроуровне связаны с нехваткой конкретных профессиональных умений, которую испытывают работодатели. Ситуация нехватки навыков имеет место в тех случаях, когда работодатели испытывают затруднения как в найме ИТ-специалистов, обладающих нужными компетенциями, так и в сотрудниках, успешно выполняющих возложенные на них задачи в области их профессиональной деятельности. Дефицит навыков определяет степень нехватки у работников компетенций, необходимых для выполнения их текущей работы. Пробелы в навыках обычно измеряются путем сбора информации от работодателя.

Реалии рынка труда формируют сегодня новые инновационные подходы во взаимоотношениях с сотрудниками, предполагающие учет со стороны работодателя предпочтений (притязаний, интересов, мотивов) ИТ-специалиста, стимулирующих его профессиональный, а часто и личностный рост, творческий подход к выполнению должностных обязанностей [59, 128]. Результаты ряда исследований [216, 240] подтверждают эти новые тенденции и показывают, что часть проблем, связанных с набором персонала, которые работодатели приписывают нехватке квалифицированных кадров, в действительности связана с их неспособностью или нежеланием предложить кандидату на вакансию необходимую заработную плату или условия работы.

Это, в свою очередь, актуализирует необходимость учета со стороны работодателей предпочтений (притязаний, интересов, мотивов) ИТ-специалистов и внедрения новых инновационных подходов и технологий в управлении кадровой политикой (найме, удержании, мотивации и

взаимоотношениях с работниками).

В процессе взаимодействия множества эталонных состояний спроса на ИТ-специалистов и множества реальных состояний, определяющих их предложение, на микроуровне формируется множество уникальных слабоструктурированных (нечетких) ситуаций.

**Целью задачи** интеллектуального управления согласованием спроса и предложения на ИТ-специалистов на микроуровне является идентификация (распознавание) среди множеств реальных поисковых образов ИТ-специалистов и эталонных поисковых образов запроса именно той пары, степень соответствия (близости) элементов которых имеет наибольшее значение как с позиций предпочтений работодателя, так и с позиций притязаний претендента.

Имея механизм оценки состояний спроса и предложения и степени их соответствия через призму интересов субъектов рынка труда, на микроуровне можно принять управленческое решение по отбору наилучшей кандидатуры на вакансию (соответственно по выбору наиболее предпочтительного рабочего места) [101, 103, 210, 219].

#### **Решение задачи.**

Пусть спрос на рынке ИТ-специалистов задан множеством:

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_k\} \text{ или } V = \{V_i\}, i = \overline{1, k}, \quad \text{выраженным}$$

количеством вакансий;

$L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$  или  $L = \{l_j\}, j = \overline{1, n}$  – множество личностных характеристик (особенностей), которыми должен обладать претендент на определенную позицию (должность, рабочее место);

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  или  $C = \{c_f\}, f = \overline{1, m}$  – открытое множество компетенций, которыми должен обладать кандидат на ИТ-профильную вакансию;

$U^p = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$  или  $U^p = \{u_\gamma\}, \gamma = \overline{1, p}$  – множество условий, предлагаемых претендентам на вакантные ИТ-профильные рабочие места.

Модель спроса  $V = (L, C, U)$  можно описать тремя матрицами  $V_L = \|l_{ij}\|_{kn}$ ,  $V_C = \|c_{ir}\|_{km}$ ,  $V_U = \|u_{iz}\|_{kp}$ , где каждая строка  $(V_i)$ ,  $i = \overline{1, k}$  характеризует отдельную вакансию на ИТ-рынке труда, столбцы  $(l_n, c_m, u_p)$  отображают постоянно расширяемую базу личностных особенностей и компетенций, элементы  $l_{kn}, c_{km}$  – уровень обладания отдельными показателями, необходимыми для занятия вакансии,  $u_{kp}$  – значения показателей, характеризующих условия, предлагаемые претенденту на занятие конкретной вакансии.

Здесь могут быть также учтены веса компетенций, т.е.  $\lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$  – множество весов личностных компетенций,  $L = \{l_j\}, j = \overline{1, n}$ ,  $\omega = \{\omega_1, \dots, \omega_m\}$  – множество весов профессиональных компетенций  $C = \{c_f\}, f = \overline{1, m}$ .

Степень удовлетворения вакансии  $V_i$  показателям  $l_{ij}$ ,  $c_{if}$  и  $u_{kp}$  определяется в виде нечетких множеств с функциями принадлежности

$$\mu_{l_{ij}}(V_i): V \times L \rightarrow [0, 1], \mu_{c_{if}}(V_i): V \times C \rightarrow [0, 1], \mu_{u_{iz}}(V_i): V \times U \rightarrow [0, 1], \quad (3.3)$$

отражающими заданный работодателями уровень обладания отдельными компетенциями, необходимый для занятия вакансии, и нечеткие меры выраженности показателей, характеризующих условия найма.

Пусть предложение в ИТ-сегменте рынка труда задано множеством  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_q\}$  или  $S = \{S_g\}, g = \overline{1, q}$  ИТ-специалистов, ищущих работу и претендующих на ту или иную вакансию;

$L = \{l_j\}, j = \overline{1, n}$  – множество личностных особенностей, характеризующих ИТ-специалистов;

$C = \{c_f\}, f = \overline{1, m}$  – множество реальных компетенций, которыми обладает каждый конкретный претендент на заполнение вакансии;

$U = \{u_\gamma\}, \gamma = \overline{1, p}$  – множество предпочтений ИТ-специалиста, выраженных в виде его требований (интересов, мотиваций) к ИТ-профильной вакансии.

Модель предложения  $S = (L, C, U)$  также описывается тремя матрицами  $S_L = \|l_{gj}\|_{qn}$ ,  $S_C = \|c_{gf}\|_{qm}$ ,  $S_U = \|u_{g\gamma}\|_{qp}$ , где каждая строка  $(S_g)$ ,  $(g = \overline{1, q})$  характеризует отдельного кандидата на предъявленные вакансии на ИТ-рынке труда;

столбцы  $(l_n, c_m, u_p)$  – отражают постоянно расширяемую базу личностных особенностей и компетенций;

элементы  $l_{qn}, c_{qm}$  – уровень обладания отдельными признаками, необходимыми для занятия вакансии;

$u_{qp}$  – значения показателей, описывающих требования ИТ-специалиста к вакантному рабочему месту.

Степень обладания конкретным ИТ-специалистом  $S_g$ ,  $g = \overline{1, q}$  отдельной компетенцией и нечеткие меры выраженности требований ИТ-специалиста определяются функциями принадлежности:

$$\mu_{l_{gj}}(S_g): S \times L \rightarrow [0, 1], \mu_{c_{gf}}(S_g): S \times C \rightarrow [0, 1], \quad (3.4)$$

$$\mu_{u_{g\gamma}}(S_g): S \times U \rightarrow [0, 1]$$

Фактически имеются два множества нечетких ситуаций, описывающих состояния спроса  $\tilde{V}_i$  и предложения  $\tilde{S}_g$  на рынке труда ИТ-специалистов:

$$\tilde{V}_i = \{ \langle \mu_{l_{gj}}(V_i) \rangle, \langle \mu_{c_{gf}}(V_i) \rangle, \langle \mu_{u_{g\gamma}}(V_i) \rangle \} = \{ \mu_{\tilde{V}_i}(y)/y \} \quad (3.5)$$

$$\tilde{S}_g = \{ \langle \mu_{i_{gj}}(S_g) \rangle, \langle \mu_{c_{gr}}(S_g) \rangle, \langle \mu_{u_{gz}}(S_g) \rangle \} = \{ \mu_{\tilde{S}_g}(y)/y \} \quad (3.6)$$

Здесь множество  $\tilde{V}_i = \{ \mu_{\tilde{V}_i}(y)/y \}, i = \overline{1, k}$  представляет собой описание нечетких эталонных ситуаций, множество  $\tilde{S}_g = \{ \mu_{\tilde{S}_g}(y)/y \}, g = \overline{1, q}$  – описание нечетких реальных ситуаций,  $\mu_{\tilde{V}_i}(y), \mu_{\tilde{S}_g}(y)$  – функции принадлежности, количественно градуирующие принадлежность элементов  $u$  универсального множества (пространства рассуждения)  $Y$  нечётким множествам  $\tilde{V}_i$  и  $\tilde{S}_g$  и ставящие в соответствие каждому значению  $y \in Y$  некоторое число из интервала  $[0, 1]$ :

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{V}_i}(y): Y &\rightarrow [0, 1], \quad \forall y \in Y. \\ \mu_{\tilde{S}_g}(y): Y &\rightarrow [0, 1], \quad \forall y \in Y. \end{aligned}$$

При этом пространство рассуждений выражено множеством признаков  $\{L, C, U\}$ , характеризующих спрос и предложение.

Для интеллектуального управления согласованием спроса и предложения на ИТ-специалистов на микроуровне целесообразным представляется свести задачу идентификации соответствия спроса и предложения и последующего принятия решения об акте найма к задаче нечеткого распознавания образов. В такой постановке принятие решений (логический вывод) о соответствии (согласовании) спроса и предложения базируется на нечетком ситуационном анализе и определении степени близости двух нечетких ситуаций [212].

Процедура распознавания образов предполагает выполнение следующих шагов:

- в соответствии со значениями показателей, характеризующих каждого претендента на заявленную вакансию, определяются реальные ситуации (поисковые образы ИТ-специалистов);

– в соответствии со значениями показателей, характеризующих требования работодателя к кандидату на вакансию, определяются эталонные ситуации (поисковые образы запросов);

– в соответствии с выбранной мерой оценки степени близости двух нечетких ситуаций рассчитывается степень сходства эталонной ситуации с каждой из реальных ситуаций;

– выявляется реальная ситуация, имеющая наибольшую степень близости с эталонной.

Иначе говоря, поиск и принятие решений в данном случае сводятся к сравнению каждого нечеткого поискового образа ИТ-специалистов (претендентов на одну или несколько конкретных вакансий) с каждым нечетким эталонным поисковым образом запросов работодателей и к выявлению пар, имеющих наибольшее соответствие как с позиций требований работодателя, так и притязаний ИТ-специалиста.

В [93, 115] рассмотрены различные меры определения степени сходства двух нечетких ситуаций, включающие одношаговые или многошаговые процедуры оценки. В настоящей работе в качестве мер оценки степени близости нечетких реальных и эталонных ситуаций использованы степень нечеткого включения ситуации  $\tilde{S}_g$  в ситуацию  $\tilde{V}_i$  и степень нечеткого равенства  $\tilde{V}_i$  и  $\tilde{S}_g$ .

1. Согласно [93, 115], степень включения множества нечетких ситуаций  $\tilde{S}_g$  в множество нечетких ситуаций  $\tilde{V}_i$  определяется по формуле:

$$\theta(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) = \&_{y \in Y} [\mu_{\tilde{S}_g}(y) \rightarrow \mu_{\tilde{V}_i}(y)], \quad (3.7)$$

где  $\mu_{\tilde{S}_g}(y)$ ,  $\mu_{\tilde{V}_i}(y)$  – функции принадлежности элементов  $y \in Y$  нечетким множествам  $\tilde{S}_g$  и  $\tilde{V}_i$ , значения которых выражают степени удовлетворения требований

работодателей по каждой отдельной вакансии и параметров претендентов множеству признаков  $Y \in \{L, C, U\}$ , которые характеризуют спрос и предложение (3.3) – (3.4), и описывают состояния нечетких эталонных ситуаций (множество  $\tilde{V}_i = \{\mu_{\tilde{V}_i}(y)/y\}, i = \overline{1, k}$ ) и нечетких реальных ситуаций (множество)  $\tilde{S}_g = \{\mu_{\tilde{S}_g}(y)/y\}, g = \overline{1, q}$ ;

« $\rightarrow$ » – логическая операция импликации нечетких ситуаций, определяемая выражением:

$$\mu_{\tilde{S}_g}(y) \rightarrow \mu_{\tilde{V}_i}(y) = \min \left[ \max(1 - \mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)) \right]. \quad (3.8)$$

« $\&$ » - операция конъюнкции, которая по всем  $y \in Y$  определяется следующим образом:

$$\mu_{\tilde{S}_g}(y) \& \mu_{\tilde{V}_i}(y) = \min(\mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)).$$

В минимаксной трактовке Л.Заде [51] формула (3.7) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} \theta(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) &= \& \min_{y \in Y} \left[ \max(1 - \mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)) \right] = \\ &= \min_{y \in Y} \left\{ \min \left[ \max(1 - \mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

$g = \overline{1, q}, \quad i = \overline{1, k}.$

Аналогичным образом можно определить и степень включения  $\theta(\tilde{V}_i, \tilde{S}_g)$  нечеткой ситуации  $\tilde{V}_i$  в нечеткую ситуацию  $\tilde{S}_g$ .

Ситуация  $\tilde{S}_g$  считается нечетко включенной в ситуацию  $\tilde{V}_i$  ( $\tilde{S}_g \subseteq \tilde{V}_i$ ), если степень включения  $\tilde{S}_g$  в  $\tilde{V}_i$  не меньше некоторого порога включения  $\psi \in [0, 7; 1]$ , определяемого условиями управления, т.е.  $\theta(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) \geq \psi$ .

Иначе говоря,  $\tilde{S}_g \subseteq \tilde{V}_i$ , если значения показателей

предложения  $\tilde{S}_g$  нечетко включаются в значения показателей спроса  $\tilde{V}_i$ .

Процесс распознавания образов сводится к оценке степени сходства эталонной ситуации (спроса) с каждой из альтернативных реальных ситуаций (предложение). Для принятия решения об отборе наиболее подходящей кандидатуры для найма из множества реальных ситуаций выбирается та, которая удовлетворяет порогу включения по всем  $y \in Y$ .

2. Степень равенства двух множеств нечетких ситуаций  $\tilde{S}_g$  и  $\tilde{V}_i$  определяется выражением:

$$\mu(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) = \&_{y \in Y} [\mu_{\tilde{S}_g}(y) \leftrightarrow \mu_{\tilde{V}_i}(y)], \quad (3.10)$$

где  $\mu_{\tilde{S}_g}(y)$ ,  $\mu_{\tilde{V}_i}(y)$  – функции принадлежности, значения которых выражают степень удовлетворения спроса и предложения множеству характеризующих их признаков  $Y \in \{L, C, U\}$ ;

« $\leftrightarrow$ » логическая операция эквивалентности нечетких множеств, определяемая выражением:

$$\begin{aligned} \mu(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) &= \&_{y \in Y} [\mu_{\tilde{S}_g}(y) \leftrightarrow \mu_{\tilde{V}_i}(y)] = \\ &= \&_{y \in Y} \left\{ \min \left[ \max(1 - \mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)), \max(1 - \mu_{\tilde{V}_i}(y), \mu_{\tilde{S}_g}(y)) \right] \right\} \end{aligned} \quad (3.11)$$

« $\&$ » – операция конъюнкции по всем  $y \in Y$ .

В минимаксной трактовке Л.Заде [51] формула (3.10) принимает следующий вид:

$$\mu(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) = \min_{y \in Y} \left\{ \min \left[ \max(1 - \mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)), \max(1 - \mu_{\tilde{V}_i}(y), \mu_{\tilde{S}_g}(y)) \right] \right\} \quad (3.12)$$

Степень нечеткого равенства (эквивалентности), как мера для определения близости любых двух нечетких ситуаций, базируется на следующих рассуждениях. Пусть установлен порог равенства двух ситуаций (например,  $\psi \in [0,6; 1]$ ) и существуют ситуации, которые взаимно включают друг друга, т.е.

$$\tilde{S}_g \underset{\sim}{\subseteq} \tilde{V}_i \text{ и } \tilde{V}_i \underset{\sim}{\subseteq} \tilde{S}_g, \quad g = \overline{1, q}, \quad i = \overline{1, k}, \quad g \neq k,$$

( $\underset{\sim}{\subseteq}$  – знак нечеткого включения). Существование двух взаимных включений при данном пороге включения означает, что  $\mu(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) \geq 0,6$  и  $\mu(\tilde{V}_i, \tilde{S}_g) \geq 0,6$ , а ситуации  $\tilde{S}_g$  и  $\tilde{V}_i$  считаются примерно одинаковыми. Такое нечеткое сходство ситуаций называется нечетким равенством  $\tilde{S}_g \underset{\sim}{\approx} \tilde{V}_i$ , где  $\psi$  – некоторый порог нечеткого равенства ситуаций.

Достоинствами предложенного подхода являются предоставление возможности принятия адекватных сложившейся ситуации решений по управлению человеческими ресурсами в сфере ИКТ и его практическая реализуемость. Методика может быть использована для управления человеческими ресурсами в различных сегментах экономики с адаптацией к их особенностям.

### 3.4. Реализация процесса согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе расчета степени нечеткого равенства ситуаций

В данном разделе приведена поэтапная реализация метода нечеткого равенства двух нечетких ситуаций на примере решения задачи реального отбора и найма ИТ-специалистов на конкретные вакансии. Для формирования системы показателей, характеризующих спрос (требования работодателя), использованы требования работодателей к профессионально-квалификационным и компетентностным характеристикам ИТ-специалистов, претендующих на конкретные ИТ-вакансии, заявленные посредством сайтов интернет-рекрутинговых агентств [15–17], функционирующих в Азербайджане.

Пусть имеются три вакансии на должность «программиста»  $V = \{V_1, V_2, V_3\}$ , на которые претендуют 4 кандидата  $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ :

$V_1$  – программист;

$V_2$  – системный администратор с продвинутым знанием сетей;

$V_3$  – веб-администратор.

Рассмотрим этапы реализации задачи выбора кандидатов на эти три вакансии из четырех претендентов, используя для определения близости двух ситуаций степень их нечеткого равенства.

**1-й этап:** Определение эталонной ситуационной модели вакансии, сводящееся к отбору показателей, характеризующих требования работодателей к вакансии. Для формирования системы показателей, характеризующих спрос (требования работодателя), проведен анализ ИТ-вакансий в среде интернет-рекрутинга [15–17].

**Система показателей для вакансии  $V_1$ :**

**Личные качества ( $L$ ):**

– коммуникабельность ( $l_1$ );

– ответственность ( $l_2$ );

- работа над собой, желание развиваться ( $l_3$ );
- аналитическое мышление ( $l_4$ ).

**Компетенции, знания и навыки (C):**

- практический опыт использования языков программирования PL/SQL и JAVA( $c_1$ );
- знание внутрибанковских процессов ( $c_2$ );
- опыт работы и знания по разработкам/проектам ( $c_3$ ).

**Требования и условия к претендентам на вакансию (U):**

- высшее техническое образование ( $u_1$ );
- возможность в случае необходимости работать в напряженном графике ( $u_2$ );
- сертификат по программированию ( $u_3$ ).

**Система показателей для вакансии  $V_2$ :**

**Личные качества (L):**

- умение работать в команде ( $l_1$ );
- энергичность, целеустремленность ( $l_2$ );
- желание развиваться и расти ( $l_3$ );
- стрессоустойчивость ( $l_4$ ).

**Компетенции, знания и навыки (C):**

- администрирование серверов семейства Microsoft Windows ( $c_1$ );
- администрирование Linux и Unix серверов ( $c_2$ );
- знания в области систем виртуализации (VMware, MS Hyper-V) ( $c_3$ );
- знания администрирования и настройки сетевого оборудования (коммутаторов, роутеров и точек доступа Wi-Fi) ( $c_4$ ).

**Требования и условия вакансии (U):**

- опыт работы с системами хранения данных ( $u_1$ );
- опыт работы с системами резервного копирования ( $u_2$ );
- опыт работы в области IP-телефонии ( $u_3$ ).

**Система показателей для вакансии  $V_3$ :**

**Личные качества (L):**

- ответственность ( $l_1$ );
- умение работать в команде ( $l_2$ );
- пунктуальность ( $l_3$ ).

**Компетенции, знания и навыки (С):**

- знания JAVA, WEB (AJAX, jQuery) ( $c_1$ );
- навыки работы с серверами на базе MS Windows, службами AD, DNS, DHCP (опыт приветствуется) ( $c_2$ );
- навыки установки и базового конфигурирования серверных приложений (mail-, firewall-, proxy-, backup-, antivirus- servers) (опыт приветствуется) ( $c_3$ ).

**Требования и условия вакансии (U):**

- русский, азербайджанский (отлично), английский (на техническом и разговорном уровнях) ( $u_1$ );
- возможность в случае необходимости работать в напряженном графике ( $u_2$ );
- опыт администрирования и настройки сетевого оборудования (коммутаторов, роутеров и точек доступа Wi-Fi) ( $u_3$ ).

**2-й этап:** Для определения степени обладания претендентами отдельными показателями, характеризующими вакансии, необходима формализация показателей. Как следует из приведенных выше требований к вакансиям, большая часть показателей задана на вербальном уровне (смысловыми понятиями). Это обуславливает необходимость применения для формализации таких показателей лингвистических переменных и их значений в виде вербальных шкал оценки [78, 169, 202].

Последние отражают в порядке возрастания интенсивность проявления показателей (отлично, хорошо, средне, удовлетворительно, плохо). Формальное задание как показателей претендентов на вакансии, так и требований работодателей к ним предоставляет возможность моделирования взаимоотношений спроса и предложения и их согласования для задач трудоустройства.

Таблица 3.3 демонстрирует 5-уровневые значения лингвистической переменной показателя «Практический опыт использования языков программирования PL/SQL и JAVA» и соответствующие им диапазоны изменения нечетких степеней обладания этим показателем в интервале [0; 1].

Таблица 3.3.

Фаззификация показателя «Практический опыт использования языков программирования PL/SQL и JAVA»

Градации показателя «Практический опыт работы с языками программирования PL/SQL и JAVA»	Лингвистическая оценка	Диапазон изменения нечетких степеней в интервале [0; 1]
Очень большой опыт работы	отлично	[0,95–1]
Большой опыт работы	хорошо	[0,8–0,94]
Достаточный опыт работы	нормально	[0,5–0,79]
Небольшой опыт работы	удовл.	[0,26–0,49]
Не имеет опыта работы	плохо	[0–0,25]

**3-й этап:** Определяются лингвистические оценки претендентов на вакансию  $V_1$ , приведенные в таблице 3.4.

Таблица 3.4.

Лингвистические оценки претендентов на вакансию  $V_1$

Показатели, характеризующие вакансию ( $V_1$ )	Претенденты			
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
1	2	3	4	5
<b>Личностные качества (<math>L</math>)</b>				
Ответственность ( $l_1$ )	отлично	удовл.	удовл.	отлично
Пунктуальность ( $l_2$ )	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо
Умение работать в команде ( $l_3$ )	хорошо	хорошо	удовл.	хорошо
Аналитическое мышление ( $l_4$ )	хорошо	удовл.	хорошо	хорошо
<b>Компетенции, знания и навыки (<math>C</math>)</b>				
Практический опыт использования языков программирования PL/SQL и JAVA ( $c_1$ )	отлично	отлично	хорошо	хорошо
Знание внутрибанковских процессов ( $c_2$ )	удовл.	хорошо	удовл.	удовл.

Продолжение табл.3.4.

1	2	3	4	5
Опыт и знания работы по разработкам/ проектам ( $c_3$ )	удовл.	хорошо	удовл.	хорошо
<b>Требования и условия вакансии (<math>U</math>)</b>				
Высшее техническое образование ( $u_1$ )	отлично	хорошо	отлично	отлично
Возможность в случае необходимости работать в напряженном графике ( $u_2$ )	отлично	удовл.	удовл.	отлично
Сертификат по программированию JAVA ( $u_3$ )	отлично	низко	отлично	хорошо

Нечеткие степени обладания претендентов показателями, характеризующими вакансию  $V_1$  (формула (3.4))

$$(\mu_{L_j}(S_i) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4}, \mu_{C_f}(S_i) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3}, \mu_{U_\gamma}(S_i) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}),$$

приведены в табл. 3.5.

На основе табл.3.5 формируются нечеткие реальные ситуации, т.е. нечеткие образы претендентов на вакансию  $V_1$ :

$$\tilde{S}_1 = \left\{ 0,97/l_1; 0,9/l_2; 0,92/l_3; 0,9/l_4; 0,94/c_1; 0,79/c_2; \right. \\ \left. 0,77/c_3; 0,98/u_1; 0,97/u_2; 0,95/u_3 \right\}$$

$$\tilde{S}_2 = \left\{ 0,75/l_1; 0,84/l_2; 0,86/l_3; 0,77/l_4; 0,98/c_1; \right. \\ \left. 0,93/c_2; 0,93/c_3; 0,9/u_1; 0,65/u_2; 0,69/u_3 \right\}$$

$$\tilde{S}_3 = \left\{ 0,78/l_1; 0,82/l_2; 0,72/l_3; 0,9/l_4; 0,92/c_1; \right. \\ \left. 0,78/c_2; 0,65/c_3; 0,95/u_1; 0,7/u_2; 0,97/u_3 \right\}$$

$$\tilde{S}_4 = \left\{ 0,97/l_1; 0,9/l_2; 0,88/l_3; 0,85/l_4; 0,93/c_1; \right. \\ \left. 0,7/c_2; 0,8/c_3; 0,95/u_1; 0,95/u_2; 0,9/u_3 \right\}.$$

Таблица 3.5.

Степени обладания претендентов показателями, характеризующими вакансию  $V_1$

Претенденты на вакансию программиста Показатели, характеризующие вакансию программиста	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
	$\mu_{L_j}(S_1) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4},$ $\mu_{C_f}(S_1) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_1) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_2) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4},$ $\mu_{C_f}(S_2) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_2) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_3) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4},$ $\mu_{C_f}(S_3) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_3) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_4) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4},$ $\mu_{C_f}(S_4) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_4) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$
1	2	3	4	5
<b>Личностные качества (L)</b>				
Ответственность ( $I_1$ )	0,97	0,75	0,78	0,97
Пунктуальность ( $I_2$ )	0,9	0,84	0,82	0,90
Умение работать в команде ( $I_3$ )	0,92	0,86	0,72	0,88
Аналитическое мышление ( $I_4$ )	0,9	0,77	0,9	0,85
<b>Компетенции, знания, навыки (C)</b>				
Практический опыт использования языков программирования PL/SQL и JAVA ( $c_1$ )	0,94	0,98	0,92	0,93

Продолжение табл.3.5

1	2	3	4	5
Знание внутрибан- ковских процессов ( $c_2$ )	0,79	0,93	0,78	0,7
Опыт и знания работы по разработкам/ проектам ( $c_3$ )	0,77	0,93	0,65	0,8
<b>Требования и условия (U)</b>				
Высшее техническое образование ( $u_1$ )	0,98	0,90	0,95	0,95
Возможность в случае необходимости работать в напряженном графике ( $u_2$ )	0,97	0,65	0,7	0,95
Сертификат по программированию JAVA ( $u_3$ )	0,95	0,49	0,97	0,9

Эталонный нечеткий образ вакансии  $V_1$  описывается следующим образом:

$$\tilde{V}_1 = \{0,97/l_1; 0,98/l_2; 0,99/l_3; 0,96/l_4; 0,98/c_1; 0,98/c_2; 0,96/c_3; 0,98/u_1; 0,99/u_2; 0,96/u_3\}.$$

**4-й этап:** С использованием формулы (3.12):

$$\mu(\tilde{S}_g, \tilde{V}_i) = \min_{y \in Y} \{ \min \{ \max(1 - \mu_{\tilde{S}_g}(y), \mu_{\tilde{V}_i}(y)), \max(1 - \mu_{\tilde{V}_i}(y), \mu_{\tilde{S}_g}(y)) \} \}$$

определяются степени нечеткого равенства эталонной  $\tilde{V}_1$  и реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$ : а) по личностным показателям ( $L$ ); б) в разрезе компетенций ( $C$ ); в) через призму требований к вакансии ( $U$ ).

**4.1.** Определение степени нечеткого равенства эталонной  $\tilde{V}_1$  и реальных ситуаций по личностным показателям ( $L$ ):

$$\varphi_L(\tilde{V}_1) = \{0,97/l_1; 0,98/l_2; 0,99/l_3; 0,96/l_4\}$$

$$\varphi_L(\tilde{S}_1) = \{0,97/l_1; 0,9/l_2; 0,92/l_3; 0,9/l_4\}$$

$$\varphi_L(\tilde{S}_2) = \{0,75/l_1; 0,84/l_2; 0,86/l_3; 0,77/l_4\}$$

$$\varphi_L(\tilde{S}_3) = \{0,78/l_1; 0,82/l_2; 0,72/l_3; 0,9/l_4\}$$

$$\varphi_L(\tilde{S}_4) = \{0,97/l_1; 0,90/l_2; 0,88/l_3; 0,85/l_4\}$$

$$\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = \min(\max(1 - 0,97, 0,97), \max(0,97, 1 - 0,97))$$

$$\& \min(\max(1 - 0,98, 0,9), \max(0,98, 1 - 0,9)) \& \min(\max(1 - 0,99, 0,92),$$

$$\max(0,99, 1 - 0,92)) \& \min(\max(1 - 0,96, 0,9), \max(0,96, 1 - 0,9)) =$$

$$= \min(0,97, 0,97) \& \min(0,9, 0,98) \& \min(0,92, 0,99) \& \min(0,9, 0,96) =$$

$$= 0,97 \& 0,9 \& 0,92 \& 0,9 = 0,9$$

$$\begin{aligned}
\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.75), \max(0.97, 1 - 0.75)) \& \\
&\min(\max(1 - 0.98, 0.84), \max(0.98, 1 - 0.84)) \& \\
&\& \min(\max(1 - 0.99, 0.86), \max(0.99, 1 - 0.86)) \& \\
&\min(\max(1 - 0.96, 0.77), \max(0.96, 1 - 0.77)) = \\
&= \min(0.75, 0.97) \& \min(0.84, 0.98) \& \min(0.86, 0.99) \& \min(0.77, 0.96) = \\
&= 0.75 \& 0.84 \& 0.86 \& 0.77 = 0.75
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.78), \max(0.97, 1 - 0.78)) \& \\
&\min(\max(1 - 0.98, 0.82), \max(0.98, 1 - 0.82)) \& \\
&\& \min(\max(1 - 0.99, 0.72), \max(0.99, 1 - 0.72)) \& \\
&\min(\max(1 - 0.96, 0.9), \max(0.96, 1 - 0.9)) = \\
&= \min(0.78, 0.97) \& \min(0.82, 0.98) \& \min(0.72, 0.98) \& \min(0.9, 0.98) = \\
&= 0.78 \& 0.82 \& 0.72 \& 0.9 = 0.72
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.97), \max(0.97, 1 - 0.97)) \& \\
&\min(\max(1 - 0.98, 0.9), \max(0.98, 1 - 0.9)) \& \min(\max(1 - 0.99, 0.88), \\
&\max(0.99, 1 - 0.88)) \& \min(\max(1 - 0.96, 0.85), \max(0.96, 1 - 0.85)) = \\
&= \min(0.97, 0.97) \& \min(0.9, 0.98) \& \min(0.88, 0.99) \& \min(0.85, 0.96) = \\
&= 0.97 \& 0.9 \& 0.88 \& 0.85 = 0.85.
\end{aligned}$$

**4.2.** Определение степени нечеткого равенства (сходства) претендентов требованиям вакансии  $V_1$  по показателям, характеризующим их компетенции (С):

$$\varphi_C(\tilde{V}_1) = \{0.98/c_1; 0.98/c_2; 0.96/c_3\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_1) = \{0.94/c_1; 0.79/c_2; 0.77/c_3\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_2) = \{0.98/c_1; 0.93/c_2; 0.93/c_3\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_3) = \{0.92/c_1; 0.78/c_2; 0.65/c_3\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_4) = \{0.93/c_1; 0.7/c_2; 0.8/c_3\}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.94), \max(0.98, 1 - 0.94)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.98, 0.79), \max(0.98, 1 - 0.79)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.77), \max(0.96, 1 - 0.77)) = \\ &\min(0.94, 0.98) \& \min(0.79, 0.98) \& \min(0.77, 0.96) = \\ &= 0.94 \& 0.79 \& 0.77 = 0.77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.98), \max(0.98, 1 - 0.98)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.98, 0.93), \max(0.98, 1 - 0.93)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.93), \max(0.96, 1 - 0.93)) = \\ &= \min(0.98, 0.98) \& \min(0.93, 0.98) \& \min(0.93, 0.96) = \\ &= 0.98 \& 0.93 \& 0.93 = 0.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.92), \max(0.98, 1 - 0.92)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.98, 0.78), \max(0.98, 1 - 0.78)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.65), \max(0.96, 1 - 0.65)) = \\ &= \min(0.92, 0.98) \& \min(0.78, 0.98) \& \min(0.65, 0.96) = \\ &= 0.92 \& 0.78 \& 0.65 = 0.65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.93), \max(0.98, 1 - 0.93)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.98, 0.7), \max(0.98, 1 - 0.7)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.8), \max(0.96, 1 - 0.8)) = \\ &= \min(0.93, 0.98) \& \min(0.7, 0.98) \& \min(0.8, 0.96) = \\ &= 0.93 \& 0.7 \& 0.8 = 0.7. \end{aligned}$$

**4.3.** Определение степени нечеткого равенства параметров претендентов (поискового образа предложения) параметрам вакансии  $V_1$  (поисковому образу запроса) по показателям, характеризующим требования и условия, предъявленные со стороны работодателя ( $U$ ):

$$\varphi_U(\tilde{V}_1) = \{0.98/u_1; 0.99/u_2; 0.96/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_1) = \{0.98/u_1; 0.97/u_2; 0.95/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_2) = \{0.9/u_1; 0.65/u_2, 0.49/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_3) = \{0.95/u_1; 0.7/u_2; 0.97/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_4) = \{0.95/u_1; 0.95/u_2; 0.9/u_3\}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.98), \max(0.98, 1 - 0.98)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.99, 0.97), \max(0.99, 1 - 0.97)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.95), \max(0.96, 1 - 0.95)) = \\ &= \min(0.98, 0.98) \& \min(0.97, 0.99) \& \min(0.95, 0.96) = \\ &= 0.98 \& 0.97 \& 0.95 = 0.95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.9), \max(0.98, 1 - 0.9)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.99, 0.65), \max(0.99, 1 - 0.65)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.49), \max(0.96, 1 - 0.49)) = \\ &= \min(0.9, 0.98) \& \min(0.65, 0.99) \& \min(0.49, 0.96) = \\ &= 0.9 \& 0.65 \& 0.46 = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.95), \max(0.98, 1 - 0.95)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.99, 0.7), \max(0.99, 1 - 0.7)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.97), \max(0.96, 1 - 0.97)) = \\ &= \min(0.95, 0.98) \& \min(0.7, 0.99) \& \min(0.97, 0.96) = \\ &= 0.95 \& 0.7 \& 0.97 = 0.7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.95), \max(0.98, 1 - 0.95)) \& \\ &\min(\max(1 - 0.99, 0.95), \max(0.99, 1 - 0.95)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.96, 0.9), \max(0.96, 1 - 0.9)) = \\ &= \min(0.95, 0.98) \& \min(0.95, 0.99) \& \min(0.9, 0.96) = \\ &= 0.95 \& 0.95 \& 0.9 = 0.9. \end{aligned}$$

**4.4.** С учетом степени нечеткого равенства параметров претендентов параметрам вакансии:

– по личностным показателям ( $L$ ): ( $\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = 0,9$$

$$\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) = 0,75$$

$$\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) = 0,72$$

$$\mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) = 0,85;$$

– в разрезе компетенций ( $C$ ): ( $\mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = 0,77$$

$$\mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) = 0,93$$

$$\mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) = 0,65$$

$$\mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) = 0,7;$$

– через призму требований к вакансии ( $U$ ): ( $\mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = 0,95$$

$$\mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) = 0,49$$

$$\mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) = 0,7$$

$$\mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) = 0,9.$$

На основе полученных результатов с учетом всех показателей определяется степень нечеткого равенства  $\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_g), g = \overline{1,4}$  эталонного образа вакансии  $V_1$  и поисковых образов реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$ :

$$\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = \mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) \& \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) \& \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = 0,9 \& 0,77 \& 0,95 = 0,77$$

$$\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) = \mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) \& \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) \& \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) = 0,75 \& 0,93 \& 0,49 = 0,49$$

$$\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) = \mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) \& \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) \& \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_3) = 0,72 \& 0,65 \& 0,7 = 0,65$$

$$\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) = \mu_L(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) \& \mu_C(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) \& \mu_U(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) = 0,85 \& 0,7 \& 0,9 = 0,7.$$

Сравнительный анализ результатов показывает, что наиболее подходящим кандидатом на вакансию  $V_1$  по всем показателям является  $S_1$ .

**5-й этап:** Аналогичным образом с использованием формулы (3.8) определяются степени нечеткого равенства реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$  (поисковых образов претендентов) эталонной ситуации  $\tilde{V}_2$  (поисковому образу запроса работодателя): а) по личностным показателям ( $L$ ); б) в разрезе компетенций ( $C$ ); в) через призму требований к вакансии ( $U$ ). Результаты лингвистической оценки претендентов  $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$  на вакансию  $V_2$  (системный администратор с продвинутым знанием сетей) приведены в таблице 3.6.

Степени обладания претендентов показателями, характеризующими вакансию  $V_2$ , приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.6.

Результаты лингвистической оценки претендентов  
на вакансию  $V_2$

Вакансия – системный администратор с продвинутым знанием сетей	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
<b>Личностные качества (<math>L</math>)</b>				
Умение работать в команде ( $l_1$ )	хорошо	хорошо	удовл.	хорошо
Энергичность, целеустремленность ( $l_2$ )	отлично	хорошо	хорошо	отлично
Желание развиваться и расти, умение работать в команде ( $l_3$ )	хорошо	отлично	удовл.	отлично
Стрессоустойчивость ( $l_4$ )	удовл.	удовл	хорошо	хорошо
<b>Компетенции, знания и навыки (<math>C</math>)</b>				
Администрирование серверов семейства Microsoft Windows ( $c_1$ )	отлично	отлично	хорошо	отлично
Администрирование Linux и Unix серверов ( $c_2$ )	хорошо	хорошо	удовл.	хорошо
Знания в области систем виртуализации (VMware, MS Hyper-V) ( $c_3$ )	удовл.	хорошо	удовл.	хорошо
Знания администрирования и настройки сетевого оборудования (коммутаторов, роутеров и точек доступа Wi-Fi) ( $c_4$ )	хорошо	удовл.	хорошо	отлично
<b>Требования и условия вакансии (<math>U</math>)</b>				
Опыт работы с системами хранения данных ( $u_1$ )	отлично	хорошо	отлично	отлично
Опыт работы с системами резервного копирования ( $u_2$ )	отлично	удовл.	удовл.	отлично
Опыт работы в области IP-телефонии ( $u_3$ )	хорошо	низко	отлично	хорошо

Таблица 3.7.

Нечеткие значения степени обладания претендентов показателями, характеризующими вакансию  $V_2$

Вакансия $V_2$ – системный администратор с продвину- тым знанием сетей	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
	$\mu_{L_j}(S_1) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4}$ $\mu_{C_f}(S_1) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,4}$ $\mu_{U_\gamma}(S_1) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_2) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4}$ $\mu_{C_f}(S_2) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,4}$ $\mu_{U_\gamma}(S_2) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_3) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4}$ $\mu_{C_f}(S_3) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,4}$ $\mu_{U_\gamma}(S_3) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_4) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,4}$ $\mu_{C_f}(S_4) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,4}$ $\mu_{U_\gamma}(S_4) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$
1	2	3	4	5
<b>Личностные качества (L)</b>				
Умение работать в команде ( $l_1$ )	0.89	0.92	0.65	0.9
Энергичность, целеустремленность ( $l_2$ )	0.97	0.91	0.88	0.98
Желание развиваться и расти, умение работать в команде ( $l_3$ )	0.9	0.97	0.62	0.97
Стрессоустойчивость ( $l_4$ )	0.59	0.67	0.9	0.9
<b>Компетенции, знания и навыки (C)</b>				
Администрирование серверов семейства Microsoft Windows ( $c_1$ )	0.98	0.98	0.85	0.96

Продолжение табл.3.7.

1	2	3	4	5
Администрирование Linux и Unix серверов ( $c_2$ )	0.85	0.85	0.6	0.88
Знания в области систем виртуализации (VMware, MS Hyper-V) ( $c_3$ )	0.65	0.85	0.7	0.7
Знания администрирования и настройки сетевого оборудования (коммутаторов, роутеров и точек доступа Wi-Fi) ( $c_4$ )	0.85	0.60	0.85	0.95
<b>Требования и условия вакансии (<math>U</math>)</b>				
Опыт работы с системами хранения данных ( $u_1$ )	0.95	0.85	0.95	0.96
Опыт работы с системами резервного копирования ( $u_2$ )	0.97	0.65	0.70	0.97
Опыт работы в области IP-телефонии ( $u_3$ )	0.8	0.49	0.95	0.9

На основе таблицы 3.7 формируются нечеткие реальные ситуации, т.е. нечеткие образы претендентов на вакансию  $V_2$ :

$$\begin{aligned}\tilde{S}_1 &= \left\{ 0,89/l_1; 0,97/l_2; 0,90/l_3; 0,59/l_4; 0,98/c_1; \right. \\ &\quad \left. 0,85/c_2; 0,65/c_3; 0,85/c_4; 0,95/u_1; 0,97/u_2; 0,80/u_3 \right\} \\ \tilde{S}_2 &= \left\{ 0,92/l_1; 0,91/l_2; 0,97/l_3; 0,67/l_4; 0,98/c_1; \right. \\ &\quad \left. 0,85/c_2; 0,85/c_3; 0,60/c_4; 0,85/u_1; 0,65/u_2; 0,49/u_3 \right\} \\ \tilde{S}_3 &= \left\{ 0,65/l_1; 0,88/l_2; 0,62/l_3; 0,90/l_4; 0,85/c_1; \right. \\ &\quad \left. 0,60/c_2; 0,70/c_3; 0,85/c_4; 0,95/u_1; 0,70/u_2; 0,95/u_3 \right\} \\ \tilde{S}_4 &= \left\{ 0,90/l_1; 0,98/l_2; 0,97/l_3; 0,90/l_4; 0,96/c_1; \right. \\ &\quad \left. 0,88/c_2; 0,70/c_3; 0,95/c_4; 0,96/u_1; 0,97/u_2; 0,90/u_3 \right\}\end{aligned}$$

Эталонный нечеткий образ вакансии  $V_2$  можно описать следующим образом:

$$\tilde{V}_2 = \{0,98/l_1; 0,98/l_2; 0,99/l_3; 0,97/l_4; 0,98/c_1; 0,97/c_2; 0,96/c_3; 0,97/c_4; 0,97/u_1; 0,98/u_2; 0,96/u_3\}$$

С использованием формулы (3.12) определяются степени нечеткого равенства эталонной  $\tilde{V}_2$  и реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$ : а) по личностным показателям ( $L$ ); б) в разрезе компетенций ( $C$ ); в) через призму требований к вакансии ( $U$ ).

**5.1.** Определение степени нечеткого равенства эталонной  $\tilde{V}_2$  и реальных ситуаций по личностным показателям ( $L$ ):

$$\begin{aligned}\varphi_L(\tilde{V}_2) &= \{0,98/l_1; 0,98/l_2; 0,99/l_3; 0,97/l_4\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_1) &= \{0,89/l_1; 0,97/l_2; 0,9/l_3; 0,59/l_4\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_2) &= \{0,92/l_1; 0,91/l_2; 0,97/l_3; 0,67/l_4\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_3) &= \{0,65/l_1; 0,88/l_2; 0,62/l_3; 0,9/l_4\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_4) &= \{0,9/l_1; 0,98/l_2; 0,97/l_3; 0,9/l_4\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.89), \max(0.98, 1 - 0.89)) \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.97), \max(0.98, 1 - 0.97)) \& \min(\max(1 - 0.99, 0.9), \\ &\max(0.99, 1 - 0.9)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.59), \max(0.97, 1 - 0.59)) = \\ &= \min(0.89, 0.98) \& \min(0.97, 0.98) \& \min(0.9, 0.99) \& \min(0.59, 0.97) = \\ &= 0.89 \& 0.97 \& 0.9 \& 0.59 = 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.92), \max(0.98, 1 - 0.92)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.91), \max(0.98, 1 - 0.91)) \& \min(\max(1 - 0.99, 0.97), \\ &\max(0.99, 1 - 0.97)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.67), \max(0.97, 1 - 0.67)) = \\ &= \min(0.92, 0.98) \& \min(0.91, 0.98) \& \min(0.97, 0.99) \& \min(0.67, 0.97) = \\ &= 0.92 \& 0.91 \& 0.97 \& 0.67 = 0.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.65), \max(0.98, 1 - 0.65)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.88), \max(0.98, 1 - 0.88)) \& \min(\max(1 - 0.99, 0.62), \\ &\max(0.99, 1 - 0.62)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.9), \max(0.97, 1 - 0.9)) = \\ &= \min(0.65, 0.98) \& \min(0.88, 0.98) \& \min(0.62, 0.99) \& \min(0.9, 0.97) = \\ &= 0.65 \& 0.88 \& 0.62 \& 0.9 = 0.62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.9), \max(0.98, 1 - 0.9)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.98), \max(0.98, 1 - 0.98)) \& \min(\max(1 - 0.99, 0.97), \\ &\max(0.99, 1 - 0.97)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.9), \max(0.97, 1 - 0.9)) = \\ &= \min(0.9, 0.98) \& \min(0.98, 0.98) \& \min(0.97, 0.99) \& \min(0.9, 0.97) = \\ &= 0.9 \& 0.98 \& 0.97 \& 0.9 = 0.9. \end{aligned}$$

**5.2.** Определение степени нечеткого равенства (сходства) претендентов требованиям вакансии  $\tilde{V}_2$  по показателям, характеризующим их компетенции (C):

$$\varphi_C(\tilde{V}_2) = \{0.98/c_1; 0.97/c_2; 0.96/c_3; 0.97/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_1) = \{0.98/c_1; 0.85/c_2; 0.65/c_3; 0.85/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_2) = \{0.98/c_1; 0.85/c_2; 0.85/c_3; 0.60/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_3) = \{0.85/c_1; 0.60/c_2; 0.70/c_3; 0.85/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_4) = \{0.96/c_1; 0.88/c_2; 0.70/c_3; 0.95/c_4\}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1-0.98, 0.98), \max(0.98, 1-0.98)) \\ &\& \min(\max(1-0.97, 0.85), \max(0.97, 1-0.85)) \& \min(\max(1-0.96, 0.65), \\ &\max(0.96, 1-0.65)) \& \min(\max(1-0.97, 0.85), \max(0.97, 1-0.85)) = \\ &= \min(0.98, 0.98) \& \min(0.85, 0.98) \& \min(0.65, 0.96) \& \min(0.85, 0.97) = \\ &= 0.98 \& 0.85 \& 0.65 \& 0.85 = 0.65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1-0.98, 0.98), \max(0.98, 1-0.98)) \& \\ &\& \min(\max(1-0.97, 0.85), \max(0.97, 1-0.85)) \& \min(\max(1-0.96, 0.85), \\ &\max(0.96, 1-0.85)) \& \min(\max(1-0.97, 0.60), \max(0.97, 1-0.60)) = \\ &= \min(0.98, 0.98) \& \min(0.85, 0.97) \& \min(0.85, 0.96) \& \min(0.60, 0.97) = \\ &= 0.98 \& 0.85 \& 0.85 \& 0.60 = 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1-0.98, 0.85), \max(0.98, 1-0.85)) \& \\ &\& \min(\max(1-0.97, 0.60), \max(0.97, 1-0.60)) \& \min(\max(1-0.96, 0.70), \\ &\max(0.96, 1-0.70)) \& \min(\max(1-0.97, 0.85), \max(0.97, 1-0.85)) = \\ &= \min(0.85, 0.98) \& \min(0.60, 0.97) \& \min(0.70, 0.96) \& \min(0.85, 0.97) = \\ &= 0.85 \& 0.60 \& 0.70 \& 0.85 = 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1-0.98, 0.96), \max(0.98, 1-0.96)) \& \\ &\& \min(\max(1-0.97, 0.88), \max(0.97, 1-0.88)) \& \min(\max(1-0.96, 0.70), \\ &\max(0.96, 1-0.70)) \& \min(\max(1-0.97, 0.95), \max(0.97, 1-0.95)) = \\ &= \min(0.96, 0.98) \& \min(0.88, 0.97) \& \min(0.70, 0.96) \& \min(0.95, 0.97) = \\ &= 0.96 \& 0.88 \& 0.70 \& 0.95 = 0.70. \end{aligned}$$

**5.3.** Определение степени нечеткого равенства параметров претендентов (поискового образа предложения) параметрам вакансии  $\tilde{V}_2$  (поисковому образу запроса) по показателям, характеризующим требования и условия, предъявленные со стороны работодателя ( $U$ ):

$$\varphi_U(\tilde{V}_2) = \{0.97/u_1; 0.98/u_2; 0.96/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_1) = \{0.95/u_1; 0.97/u_2; 0.80/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_2) = \{0.85/u_1; 0.65/u_2; 0.49/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_3) = \{0.95/u_1; 0.70/u_2; 0.95/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_4) = \{0.96/u_1; 0.97/u_2; 0.90/u_3\}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.95), \max(0.97, 1 - 0.95)) \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.97), \max(0.98, 1 - 0.97)) \& \min(\max(1 - 0.96, 0.80), \\ &\max(0.96, 1 - 0.80)) = \min(0.95, 0.97) \& \min(0.97, 0.98) \& \min(0.80, 0.96) = \\ &= 0.95 \& 0.97 \& 0.80 = 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.85), \max(0.97, 1 - 0.85)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.65), \max(0.98, 1 - 0.65)) \& \min(\max(1 - 0.96, 0.49), \\ &\max(0.96, 1 - 0.49)) = \min(0.85, 0.97) \& \min(0.65, 0.98) \& \min(0.49, 0.96) = \\ &= 0.85 \& 0.65 \& 0.49 = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.95), \max(0.97, 1 - 0.95)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.70), \max(0.98, 1 - 0.70)) \& \min(\max(1 - 0.96, 0.95), \\ &\max(0.96, 1 - 0.95)) = \min(0.95, 0.97) \& \min(0.70, 0.98) \& \min(0.95, 0.96) = \\ &= 0.95 \& 0.70 \& 0.95 = 0.70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1 - 0.97, 0.96), \max(0.97, 1 - 0.96)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.98, 0.97), \max(0.98, 1 - 0.97)) \& \min(\max(1 - 0.96, 0.90), \\ &\max(0.96, 1 - 0.90)) = \min(0.96, 0.97) \& \min(0.97, 0.98) \& \min(0.90, 0.96) = \\ &= 0.96 \& 0.97 \& 0.70 \& 0.90 = 0.90. \end{aligned}$$

**5.4.** С учетом степени нечеткого равенства параметров претендентов параметрам вакансии  $V_2$ :

– по личностным показателям ( $L$ ): ( $\mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) = 0,59$$

$$\mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) = 0,67$$

$$\mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) = 0,62$$

$$\mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) = 0,90;$$

– в разрезе компетенций ( $C$ ): ( $\mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) = 0,65$$

$$\mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) = 0,60$$

$$\mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) = 0,60$$

$$\mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) = 0,70;$$

– через призму требований к вакансии ( $U$ ):  
 $(\mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4})$ :

$$\mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) = 0,80$$

$$\mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) = 0,49$$

$$\mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) = 0,70$$

$$\mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) = 0,90.$$

С учетом всех показателей определяется степень нечеткого равенства  $\mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_g), g = \overline{1,4}$  эталонного образа вакансии  $V_2$  и поисковых образов реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$ .

$$\begin{aligned} \mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) &= \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) \& \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) \& \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_1) = \\ &= 0.59 \& 0.65 \& 0.8 = 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) &= \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) \& \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) \& \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_2) = \\ &= 0.67 \& 0.6 \& 0.49 = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) &= \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) \& \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) \& \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_3) = \\ &= 0.62 \& 0.60 \& 0.70 = 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) &= \mu_L(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) \& \mu_C(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) \& \mu_U(\tilde{V}_2, \tilde{S}_4) = \\ &= 0.90 \& 0.70 \& 0.90 = 0.70. \end{aligned}$$

Сравнительный анализ результатов показывает, что наиболее подходящим кандидатом на вакансию  $V_2$  по всем показателям является  $S_4$ .

Полученные результаты сведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8.

Степени нечеткого равенства  $\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$  и

$$\mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$$

	$\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$	$\mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$
$S_1$	<b>0.77</b>	0.59
$S_2$	0.49	0.49
$S_3$	0.65	0.62
$S_4$	0.70	<b>0.70</b>

**6-й этап:** Аналогичным образом определяются степени нечеткого равенства реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$  (поисковых образов претендентов) эталонной ситуации  $V_3$  (поисковому образу вакансии): а) по личностным показателям ( $L$ ); б) в разрезе компетенций ( $C$ ); в) через призму требований к вакансии ( $U$ ). Результаты лингвистической оценки претендентов  $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$  на вакансию  $V_3$  (веб-администратор) приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9.

Результаты лингвистической оценки претендентов  
на вакансию  $V_3$

Вакансия $V_3$ – веб-администратор	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
1	2	3	4	5
<b>Личностные качества (<math>L</math>)</b>				
Ответственность ( $I_1$ )	отлично	отлично	отлично	отлично
Умение работать в команде ( $I_2$ )	хорошо	хорошо	удовл.	хорошо
Пунктуальность ( $I_3$ )	хорошо	отлично	удовл.	отлично
<b>Компетенции, знания и навыки (<math>C</math>)</b>				

Продолжение табл.3.9.

1	2	3	4	5
Знания JAVA, WEB (AJAX, jQuery) ( $c_1$ )	хорошо	отлично	хорошо	отлично
Навыки работы с серверами на базе MS Windows, службами AD, DNS, DHCP; (опыт приветствуется) ( $c_2$ )	хорошо	хорошо	удовл.	хорошо
Навыки установки и базового конфигурирования серверных приложений (mail-, firewall-, proxy-, backup-, antivirus-servers) (опыт приветствуется) ( $c_3$ )	удовл.	отлично	удовл.	хорошо
<b>Требования и условия вакансии (<math>U</math>)</b>				
Русский, азербайджанский – отлично, английский на техническом и разговорном уровне ( $u_1$ )	хорошо	хорошо	отлично	отлично
Возможность в случае необходимости работать в напряженном графике ( $u_2$ )	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо
Опыт администрирования и настройки сетевого оборудования (коммутаторов, роутеров и точек доступа Wi-Fi) ( $u_3$ )	хорошо	хорошо	отлично	хорошо

Степени обладания претендентов показателями, характеризующими вакансию  $V_3$ , приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10.

Нечеткие значения степени обладания претендентов показателями, характеризующими вакансию  $V_3$

Вакансия – веб-администратор	$\mu_{L_j}(S_1) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,3},$ $\mu_{C_f}(S_1) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_1) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_2) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,3},$ $\mu_{C_f}(S_2) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_2) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_3) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,3},$ $\mu_{C_f}(S_3) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_3) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$	$\mu_{L_j}(S_4) \rightarrow [0,1], j = \overline{1,3},$ $\mu_{C_f}(S_4) \rightarrow [0,1], f = \overline{1,3},$ $\mu_{U_\gamma}(S_4) \rightarrow [0,1], \gamma = \overline{1,3}$
1	2	3	4	5
<b>Личностные качества (L)</b>				
Ответственность ( $l_1$ )	0.95	0.97	0.95	0.95
Умение работать в команде ( $l_2$ )	0.85	0.85	0.65	0.9
Пунктуальность ( $l_3$ )	0.9	0.95	0.65	0.96
<b>Компетенции, знания и навыки (С)</b>				
Знания JAVA, WEB (AJAX, jQuery) ( $c_1$ )	0.9	0.96	0.85	0.96
Навыки работы с серверами на базе MS Windows, службами AD, DNS, DHCP; (опыт приветствуется) ( $c_2$ )	0.85	0.85	0.65	0.8

Продолжение табл.3.10

1	2	3	4	5
Навыки установки и базового конфигурирования серверных приложений (mail-, fire-wall-, proxy-, backup -, antivirus-servers) (опыт приветствуется ) ( $c_3$ )	0.65	0.96	0.65	0.8
<b>Требования и условия вакансии (<math>U</math>)</b>				
Русский, азербайджанский – отлично, английский на техническом и разговорном уровне ( $u_1$ )	0.9	0.9	0.95	0.95
Возможность в случае необходимости работать в напряженном графике ( $u_2$ )	0.9	0.9	0.88.	0.88
Опыт администрирования и настройки сетевого оборудования (коммутаторов, роутеров и точек доступа Wi-Fi) ( $u_3$ )	0.85	0.9	0.95	0.88

На основе таблицы 3.10 формируются нечеткие реальные ситуации, т.е. нечеткие образы претендентов на вакансию  $V_3$ :

$$\begin{aligned}\tilde{S}_1 &= \{0,95/l_1; 0,85/l_2; 0,90/l_3; 0,90/c_1; 0,85/c_2; 0,65/c_3; 0,90/u_1; 0,90/u_2; 0,85/u_3\} \\ \tilde{S}_2 &= \{0,97/l_1; 0,85/l_2; 0,97/l_3; 0,96/c_1; 0,85/c_2; 0,96/c_3; 0,90/u_1; 0,90/u_2; 0,90/u_3\} \\ \tilde{S}_3 &= \{0,95/l_1; 0,65/l_2; 0,65/l_3; 0,85/c_1; 0,65/c_2; 0,65/c_3; 0,95/u_1; 0,88/u_2; 0,95/u_3\} \\ \tilde{S}_4 &= \{0,95/l_1; 0,90/l_2; 0,96/l_3; 0,96/c_1; 0,80/c_2; 0,80/c_3; 0,95/u_1; 0,88/u_2; 0,88/u_3\}.\end{aligned}$$

Эталонный образ вакансии  $V_3$  описывается следующим образом:

$$\tilde{V}_3 = \{0,98/l_1; 0,97/l_2; 0,97/l_3; 0,97/c_1; 0,98/c_2; 0,97/c_3; 0,96/u_1; 0,98/u_2; 0,98/u_3\}.$$

С использованием формулы (3.12) определяются степени нечеткого равенства эталонной  $\tilde{V}_3$  и реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$ : а) по личностным показателям ( $L$ ); б) в разрезе компетенций ( $C$ ); в) через призму требований к вакансии ( $U$ ).

**6.1.** Определение степени нечеткого равенства эталонной  $\tilde{V}_3$  и реальных ситуаций, по личностным показателям ( $L$ ):

$$\begin{aligned}\varphi_L(\tilde{V}_3) &= \{0,98/l_1; 0,97/l_2; 0,97/l_3\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_1) &= \{0,95/l_1; 0,85/l_2; 0,90/l_3\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_2) &= \{0,97/l_1; 0,85/l_2; 0,97/l_3\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_3) &= \{0,95/l_1; 0,65/l_2; 0,65/l_3\} \\ \varphi_L(\tilde{S}_4) &= \{0,95/l_1; 0,90/l_2; 0,96/l_3\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.95), \max(0.98, 1 - 0.95)) \\ &\& \min(\max(1 - 0.97, 0.85), \max(0.97, 1 - 0.85)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.90), \\ &\max(0.97, 1 - 0.90)) = \min(0.95, 0.98) \& \min(0.85, 0.97) \& \min(0.9, 0.97) = \\ &= 0.95 \& 0.85 \& 0.90 = 0.85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.97), \max(0.98, 1 - 0.97)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.97, 0.85), \max(0.97, 1 - 0.85)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.97), \\ &\max(0.97, 1 - 0.97)) = \min(0.97, 0.98) \& \min(0.85, 0.97) \& \min(0.97, 0.97) = \\ &= 0.97 \& 0.85 \& 0.97 = 0.85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.95), \max(0.98, 1 - 0.95)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.97, 0.65), \max(0.97, 1 - 0.65)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.65), \\ &\max(0.97, 1 - 0.65)) = \min(0.95, 0.98) \& \min(0.65, 0.97) \& \min(0.65, 0.97) = \\ &= 0.95 \& 0.65 \& 0.65 = 0.65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1 - 0.98, 0.95), \max(0.98, 1 - 0.95)) \& \\ &\& \min(\max(1 - 0.97, 0.90), \max(0.97, 1 - 0.90)) \& \min(\max(1 - 0.97, 0.96), \\ &\max(0.97, 1 - 0.96)) = \min(0.95, 0.98) \& \min(0.90, 0.97) \& \min(0.96, 0.97) = \\ &= 0.95 \& 0.90 \& 0.96 \& = 0.90. \end{aligned}$$

**6.2.** Определение степени нечеткого равенства (сходства) претендентов требованиям вакансии  $\tilde{V}_3$  по показателям, характеризующим их компетенции (C):

$$\varphi_C(\tilde{V}_3) = \{0.97/c_1; 0.98/c_2; 0.97/c_3; 0.96/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_1) = \{0.90/c_1; 0.85/c_2; 0.65/c_3, 0.90/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_2) = \{0.96/c_1; 0.85/c_2, 0.96/c_3, 0.90/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_3) = \{0.85/c_1; 0.65/c_2; 0.65/c_3, 0.95/c_4\}$$

$$\varphi_C(\tilde{S}_4) = \{0.96/c_1; 0.80/c_2; 0.80/c_3; 0.95/c_4\}$$

$$\begin{aligned}
\mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1-0.97, 0.90), \max(0.97, 1-0.90)) \\
&\& \min(\max(1-0.98, 0.85), \max(0.98, 1-0.85)) \& \min(\max(1-0.97, 0.65), \\
&\max(0.97, 1-0.65)) \& \min(\max(1-0.96, 0.90), \max(0.96, 1-0.90)) = \\
&= \min(0.90, 0.97) \& \min(0.85, 0.98) \& \min(0.65, 0.97) \& \min(0.90, 0.96) = \\
&= 0.90 \& 0.85 \& 0.65 \& 0.90 = 0.65
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1-0.97, 0.96), \max(0.97, 1-0.96)) \& \\
&\& \min(\max(1-0.98, 0.85), \max(0.98, 1-0.85)) \& \min(\max(1-0.97, 0.96), \\
&\max(0.97, 1-0.96)) \& \min(\max(1-0.96, 0.90), \max(0.96, 1-0.90)) = \\
&= \min(0.96, 0.97) \& \min(0.85, 0.98) \& \min(0.96, 0.97) \& \min(0.90, 0.96) = \\
&= 0.96 \& 0.85 \& 0.96 \& 0.90 = 0.85
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1-0.97, 0.85), \max(0.97, 1-0.85)) \& \\
&\& \min(\max(1-0.98, 0.65), \max(0.98, 1-0.65)) \& \min(\max(1-0.97, 0.65), \\
&\max(0.97, 1-0.65)) \& \min(\max(1-0.96, 0.95), \max(0.96, 1-0.95)) = \\
&= \min(0.85, 0.97) \& \min(0.65, 0.98) \& \min(0.65, 0.97) \& \min(0.95, 0.96) = \\
&= 0.85 \& 0.65 \& 0.65 \& 0.95 = 0.65
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1-0.97, 0.96), \max(0.97, 1-0.96)) \& \\
&\& \min(\max(1-0.98, 0.80), \max(0.98, 1-0.80)) \& \min(\max(1-0.97, 0.80), \\
&\max(0.97, 1-0.80)) \& \min(\max(1-0.96, 0.95), \max(0.96, 1-0.95)) = \\
&= \min(0.96, 0.97) \& \min(0.80, 0.98) \& \min(0.80, 0.97) \& \min(0.95, 0.96) = \\
&= 0.96 \& 0.80 \& 0.80 \& 0.95 = 0.80.
\end{aligned}$$

**6.3.** Определение степени нечеткого равенства параметров претендентов (поискового образа предложения) параметрам вакансии  $\tilde{V}_3$  (поисковому образу запроса) по показателям, характеризующим требования и условия, предъявленные со стороны работодателя ( $U$ ):

$$\varphi_U(\tilde{V}_3) = \{0,96/u_1; 0,98/u_2; 0,98/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_1) = \{0,90/u_1; 0,90/u_2; 0,85/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_2) = \{0,90/u_1; 0,90/u_2; 0,90/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_3) = \{0,95/u_1; 0,88/u_2; 0,95/u_3\}$$

$$\varphi_U(\tilde{S}_4) = \{0,95/u_1; 0,88/u_2; 0,88/u_3\}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) &= \min(\max(1-0,96, 0,90), \max(0,96, 1-0,90)) \\ &\& \min(\max(1-0,98, 0,90), \max(0,98, 1-0,90)) \& \min(\max(1-0,98, 0,85), \\ &\max(0,98, 1-0,85)) = \min(0,90, 0,96) \& \min(0,90, 0,98) \& \min(0,85, 0,98) = \\ &= 0,90 \& 0,90 \& 0,85 = 0,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) &= \min(\max(1-0,96, 0,90), \max(0,96, 1-0,90)) \& \\ &\& \min(\max(1-0,98, 0,90), \max(0,98, 1-0,90)) \& \min(\max(1-0,98, 0,90), \\ &\max(0,98, 1-0,90)) = \min(0,90, 0,96) \& \min(0,90, 0,98) \& \min(0,90, 0,98) = \\ &= 0,90 \& 0,90 \& 0,49 = 0,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= \min(\max(1-0,96, 0,95), \max(0,96, 1-0,95)) \& \\ &\& \min(\max(1-0,98, 0,88), \max(0,98, 1-0,88)) \& \min(\max(1-0,98, 0,95), \\ &\max(0,98, 1-0,95)) = \min(0,95, 0,96) \& \min(0,88, 0,98) \& \min(0,95, 0,98) = \\ &= 0,95 \& 0,88 \& 0,95 = 0,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) &= \min(\max(1-0,96, 0,95), \max(0,96, 1-0,95)) \& \\ &\& \min(\max(1-0,98, 0,88), \max(0,98, 1-0,88)) \& \min(\max(1-0,98, 0,88), \\ &\max(0,98, 1-0,88)) = \min(0,95, 0,96) \& \min(0,88, 0,98) \& \min(0,88, 0,98) = \\ &= 0,95 \& 0,88 \& 0,88 = 0,90. \end{aligned}$$

С учетом степени нечеткого равенства параметров претендентов параметрам вакансии  $V_3$ :

– по личностным показателям ( $L$ ):  $(\mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4})$ :

$$\mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) = 0,85$$

$$\mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) = 0,85$$

$$\begin{aligned}\mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= 0,65 \\ \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) &= 0,90;\end{aligned}$$

– в разрезе компетенций (C): ( $\mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\begin{aligned}\mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) &= 0,65 \\ \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) &= 0,85 \\ \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= 0,65 \\ \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) &= 0,80;\end{aligned}$$

– через призму требований к вакансии (U): ( $\mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_i), i = \overline{1,4}$ ):

$$\begin{aligned}\mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) &= 0,85 \\ \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) &= 0,90 \\ \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= 0,88 \\ \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) &= 0,90.\end{aligned}$$

На основе предложенной выше последовательности расчетов аналогично с учетом всех показателей ( $L, C, U$ ) определяется степень нечеткого равенства  $\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_g), g = \overline{1,4}$  эталонного образа вакансии  $V_3$  и поисковых образов реальных ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \tilde{S}_3, \tilde{S}_4$ :

$$\begin{aligned}\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) &= \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) \& \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) \& \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_1) = \\ &= 0,85 \& 0,65 \& 0,85 = 0,65\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) &= \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) \& \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) \& \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_2) = \\ &= 0,85 \& 0,85 \& 0,9 = 0,85\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) &= \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) \& \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) \& \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_3) = \\ &= 0,65 \& 0,65 \& 0,88 = 0,65\end{aligned}$$

$$\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) = \mu_L(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) \& \mu_C(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) \& \mu_U(\tilde{V}_3, \tilde{S}_4) = 0.9 \& 0.8 \& 0.90 = 0.8.$$

Таким образом, наиболее подходящей кандидатурой на вакансию  $V_3$  является претендент  $S_2$ .

Таблица 3.11 наглядно демонстрирует степень соответствия претендентов каждой из заявленных вакансий, т.е. степень соответствия спроса и предложения при трудоустройстве.

Таблица 3.11.

Степени нечеткого равенства  $\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$ ,

$\mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$  и  $\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$

	$\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$	$\mu(\tilde{V}_2, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$	$\mu(\tilde{V}_3, \tilde{S}_g), g = \overline{1, 4}$
$S_1$	<b>0.77</b>	0.59	0.59
$S_2$	0.49	0.49	<b>0.85</b>
$S_3$	0.65	0.62	0.65
$S_4$	0.7	<b>0.7</b>	0.8

Как видно из таблицы 3.11, по степени нечеткого равенства требованиям вакансии  $V_1$  в наибольшей степени отвечает претендент  $S_1$  ( $\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_1) = 0.77$ ), параметрам вакансии  $V_2$  в наибольшей степени удовлетворяет кандидат  $S_4$  ( $\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_4) = 0.7$ ), а на вакансию  $V_3$  наиболее подходящей кандидатурой является претендент  $S_2$

$$(\mu(\tilde{V}_1, \tilde{S}_2) = 0.85).$$

## **ГЛАВА IV. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИСБАЛАНСОМ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ В ИТ-СЕКМЕНТЕ РЫНКА ТРУДА НА МАКРОУРОВНЕ**

Как отмечено выше, для выявления степени дисбаланса спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда и выработки управленческих решений, адекватных сложившейся ситуации, необходимо четко выделить уровень, на котором будет оцениваться дисбаланс. Настоящая глава посвящена исследованию процессов управления согласованием спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов на макроуровне.

При этом задача моделирования процессов взаимодействия спроса и предложения на ИТ-специалистов и управления ими в зависимости от поставленной цели на макроуровне сводится к сбалансированию спроса и предложения на ИТ-специалистов на уровне отраслей, регионов, страны в целом и т.п.

Информатизация различных сфер человеческой деятельности, технологическая трансформация способствуют диверсификации ИТ-сегмента рынка труда. Это вызывает исчезновение одних ИТ-профессий вследствие устаревания ряда профессиональных компетенций и появление других ИТ-специальностей, обусловленное открытием новых рабочих мест, востребованных цифровой экономикой, для занятия которых появляется потребность в ИТ-специалистах с новыми профессиональными компетенциями. При этом инертная система образования не успевает приспособиться к технологическим инновациям, в то время как ИТ-индустрия вынуждена постоянно адаптироваться к быстро изменяющимся требованиям рынка, чтобы оставаться конкурентоспособной на глобальном, национальном и локальном рынках.

Это приводит к возрастанию рассогласованности между

системой ИТ-образования и рынком труда и к ситуации, когда по ряду новых ИТ-специальностей, востребованных на рынке труда, ни один вуз страны не готовит специалистов. Еще одной причиной дисбаланса спроса и предложения в разрезе ИТ-специальностей и специализаций является ориентация вузов на подготовку специалистов широкого профиля, в то время как на рынке труда востребованы специалисты в более узких предметных областях, т.е. имеет место ситуация дисбаланса профессиональных умений. Постоянно растущая гибкость спроса и несостоятельность системы ИТ-профильного образования в предоставлении компетенций, необходимых на рынке труда, увеличивают несоответствие между требованиями к претендентам на ИТ-вакансии (спросом) и профессиональными умениями ИТ-специалистов (предложения), что приводит к структурному и навыковому (качественному) дисбалансу.

#### **4.1. Разработка методов оценки спроса на ИТ-специальности при нечеткой исходной информации**

На сегодня проблема выявления структуры и потребности рынка труда в разрезе профессий и специальностей является одной из актуальных и пока недостаточно исследованных во многих странах, в том числе и в Азербайджане. Именно поэтому вопросы выявления спроса и предложения на различные профессии и специальности, переориентации системы образования на потребности рынка труда в качестве приоритетных нашли свое отражение в ряде политических документов [3, 4, 14], предполагающих, в частности, решение таких важных задач, как: выявление спроса и предложения на различные профессии и специальности; совершенствование подготовки кадров, конкурентоспособных на рынке труда; переориентация системы образования на потребности рынка труда, т.е. на требования работодателей к знаниям, навыкам и умениям выпускников и т.п. В этом контексте разработка методов оценки потребности в ИТ-

специальностях, позволяющих выявить степень востребованности последних на рынке труда, представляется достаточно актуальной.

В настоящем разделе рассмотрен подход к оценке дисбаланса спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда в разрезе ИТ-профессий и специальностей, позволяющий выявить степень востребованности последних и провести их упорядочение с позиций спроса на рынке труда [90, 109].

**Постановка задачи.** Имеется заранее заданное множество ИТ-специальностей, выявленных путем обследования структуры ИТ-сегмента рынка труда. Требуется провести оценку потребности ИТ-специальностей и их упорядочение от наиболее перспективной до менее востребованной с позиций спроса на рынке труда. При этом надо принять во внимание тот факт, что при ранжировании перечня специальностей (в порядке убывания или возрастания) учитывается спрос по той или иной ИТ-специальности в целом, а не вероятность трудоустройства каждого ИТ-специалиста или выпускника.

Проблема выбора наиболее востребованных на рынке специальностей относится к категории слабоструктурированных задач, традиционно сводящихся к принятию решений при нечеткой исходной информации [93]. Для реализации подобных задач существенную роль играют мнение ЛПР, опыт, знания и интуиция экспертов, т.е. выбор решения связан с выявлением предпочтений последних. При этом предполагается, что интеллектуальная поддержка политики выбора в зависимости от ситуации может осуществляться в двух вариантах: 1) общие цели и политику выбора определяет конкретный руководитель – ЛПР, который взаимодействует с одним или несколькими экспертами в процессе оценки альтернатив; 2) ЛПР и эксперт – одно и то же лицо. Задача оценки спроса на те или иные ИТ-специальности как слабоструктурированная заключается в выборе из множества ИТ-специальностей

наиболее востребованных и базируется на использовании предпочтений экспертов. Эксперты участвуют в процессе оценки ИТ-специальностей (альтернатив) по набору признаков, формирующих степень востребованности специальности на рынке, и выражают отношения предпочтения по каждому из них, а задача оценки потребности в ИТ-специальностях может быть сведена к упорядочению альтернатив при нечеткой исходной информации.

Для оценки спроса на ИТ-специальности и их упорядочения по степени востребованности в ИТ-сегменте рынка труда предложены методы нечеткого многокритериального принятия индивидуальных и коллективных экспертных решений по выбору приоритетных ИТ-специальностей, базирующиеся на нечеткой реляционной модели представления знаний. Практическая реализация методов оценки потребности в ИТ-специальностях осуществлена на базе перечня последних, сформированного в ходе исследования.

#### **4.1.1. Метод нечеткого многокритериального принятия индивидуальных экспертных решений по выбору приоритетных ИТ-специальностей**

Рассмотрим метод анализа, выбора и упорядочения альтернатив (ИТ-специальностей) в случае, когда критериальные оценки одного эксперта задаются как степени удовлетворения альтернатив характеризующим их признакам (критериям, свойствам). Процесс принятия решения в данном случае сводится к рациональному выбору альтернатив с учетом набора признаков и предпочтений индивидуального эксперта или ЛПР, которые здесь являются одним и тем же лицом.

Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  – множество альтернатив, в качестве которых выступает перечень ИТ-специальностей, подлежащих рассмотрению. Через

$K=\{k_1, k_2, \dots, k_m\}=\{k_j, j=\overline{1, m}\}$  обозначим множество критериев (признаков, свойств), характеризующих альтернативы. Среди оцениваемых альтернатив необходимо выбрать наилучшие, т.е. ИТ-специальности, наиболее востребованные на рынке труда, с позиций (предпочтений) эксперта.

В данном случае конкретная альтернатива (ИТ-специальность), с одной стороны, характеризуется отношением критериев к данной альтернативе, т.е. оценкой альтернативы по всем критериям, с другой – отношением предпочтения этой альтернативы по каждому из критериев. Это означает, что для  $m$  критериев  $K=\{k_1, k_2, \dots, k_m\}=\{k_j, j=\overline{1, m}\}$ , отобранных для оценки альтернатив, может быть определено нечеткое множество

$$K=\{\mu_k(x_1)/x_1, \mu_k(x_2)/x_2, \dots, \mu_k(x_n)/x_n\},$$

где функция принадлежности  $\mu_k(x_i) \in [0, 1]$  – оценка альтернативы  $x_i$  по критерию  $K$ , характеризующая степень удовлетворения альтернативы  $x_i$  понятию, определяемому критерием  $K$ . Степень удовлетворения множества альтернатив  $X$  критериям  $K=\{k_j, j=\overline{1, m}\}$  определяется набором функций принадлежности

$$\mu_{k_j}(x_i): X \times K \rightarrow [0, 1], j=\overline{1, m},$$

где  $\mu_{k_j}(x_i)$  выражает степень удовлетворения альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$ . Лучшей в данном случае считается альтернатива, удовлетворяющая как критерию  $k_1$ , так и  $k_2, \dots, k_m$ , т.е.  $\Omega = k_1 \cap k_2 \cap \dots \cap k_m$ .

Тогда правило для выбора наилучшей (недоминируемой) альтернативы может быть записано в виде пересечения соответствующих нечетких множеств и сведено к многокритериальной задаче нечеткого математического программирования, для решения которой применим обобщенный подход Беллмана-Заде, учитывая при этом, что операции пересечения нечетких множеств

соответствует операция  $\min$ , выполняемая над их функциями принадлежности:

$$\mu_{\Omega}(x_i) = \min_{j=1,m} \mu_{k_j}(x_i), \quad i = \overline{1, n}.$$

В качестве наилучшей (эффективной) выбирается альтернатива  $x^*$ , имеющая наибольшее значение функции принадлежности:

$$\mu_{\Omega}(x^*) = \max \min_{j=1,m} \mu_{k_j}(x_i) = \max_{i=1,n} \mu_{\Omega}(x_i),$$

которая соответствует ИТ-специальности, являющейся наиболее востребованной на рынке труда. В соответствии со степенями удовлетворения альтернатив критериям, т.е. степени достижения цели, проводится упорядочение ИТ-специальностей по степени востребованности.

#### **4.1.2. Метод нечеткого многокритериального принятия коллективных экспертных решений по выбору приоритетных ИТ-специальностей**

Метод многокритериального принятия коллективных решений, сводящийся к рациональному выбору альтернатив с учетом набора признаков и предпочтений нескольких экспертов, представляется следующим образом.

Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  – множество альтернатив (ИТ-специальностей), среди которых необходимо выбрать наилучшую.

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} = \{k_j, j = \overline{1, m}\}$  – множество критериев (признаков или свойств), присущих альтернативам. Множество допустимых альтернатив представляется двумерной реляционной матрицей, в которой степень удовлетворения альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$  определяется функцией принадлежности

$\varphi_{k_j}(x_i): X \times K \rightarrow [0, 1]$ , где  $\varphi_{k_j}(x_i)$  выражает степень удовлетворения альтернативы  $x_i$  критерию  $k_j$ .

Пусть  $G$  – множество экспертов, для каждого из

которых  $g \in G$  определено нечёткое отношение предпочтения на множестве альтернатив  $X$ , т.е. функция принадлежности вида  $\psi: X \times X \times G \rightarrow [0, 1]$ . Значение  $\psi(x_i, x_j, g)$  выражает отношение предпочтения на множестве альтернатив, предлагаемое  $g$ -м экспертом, т.е. понимается как степень предпочтительности альтернативы  $x_i$  альтернативе  $x_j$ , предлагаемая экспертом  $g$ . При этом  $\psi(x_i, x_j, g)$  обладает свойством рефлексивности  $\psi(x_i, x_j, g) = 1$  при любом  $\forall x_i \in X$ , т.е. все диагональные элементы матрицы равны 1. Равенство  $\psi(x_i, x_j, g) = 0$ , означающее несравнимость альтернатив  $x_i, x_j$  между собой, отсутствует, так как мы предполагаем, что все альтернативы сравнимы между собой.

$\psi(x_i, x_j, g)$  определяется следующим образом:

$$\psi(x_i, x_j, g) = \begin{cases} 1 - [\varphi(x_j, g) - \varphi(x_i, g)], & \text{если } \varphi(x_j, g) \geq \varphi(x_i, g) \\ 1, & \text{если } \varphi(x_j, g) \leq \varphi(x_i, g), \end{cases}$$

где  $\varphi(x_i, g) = \min\{\varphi_{k_j}(x_i, g), j = \overline{1, m}\}$  и удовлетворяет указанным выше требованиям. По этой формуле со стороны каждого эксперта определяется матрица нечетких отношений предпочтения альтернатив.

С другой стороны, ЛПР неодинаково оценивает компетентность экспертов, приглашенных им для оценки альтернатив. Этот фактор отражается коэффициентом компетентности экспертов:  $\gamma(g) \rightarrow [0, 1]$ , с учетом которого из выражения

$$\nu(g_1, g_2) = \begin{cases} 1 - [\gamma(g_2) - \gamma(g_1)], & \text{если } \gamma(g_2) \geq \gamma(g_1) \\ 1, & \text{если } \gamma(g_2) \leq \gamma(g_1), \end{cases}$$

определяется  $\nu: G \times G \rightarrow [0, 1]$  – нечеткое отношение компетентности экспертов. Величина  $\nu(g_1, g_2)$  понимается как степень, с которой эксперт  $g_1$  компетентнее эксперта  $g_2$ .

После этого задача сводится к рациональному выбору альтернатив из множества  $X$  с учетом описанной выше информации. Согласно Орловскому [127] определяется  $\psi^{H.D.}(x_i, g)$  – нечеткое подмножество недоминируемых альтернатив, соответствующее нечеткому отношению предпочтений  $\psi(x_i, x_j, g)$  при фиксированном  $g \in G$ :

$$\psi^{H.D.}(x_i, g) = 1 - \sup_{x_j \in X} [\psi(x_j, x_i, g) - \psi(x_i, x_j, g)].$$

Альтернативы, придающие по возможности большее значение функции принадлежности  $\psi^{H.D.}(x_i, g)$  на множестве  $X$ , совпадают с индивидуальным решением  $g$ -го эксперта.

Далее нечеткое отношение  $\nu(g_1, g_2)$  обобщается на класс нечетких подмножеств множества  $G$ . Индуцированное (обобщенное) нечеткое отношение на множестве  $X$  определяется следующим образом:

$$\eta(x_i, x_j) = \sup_{g_1, g_2 \in G} \min \{ \psi^{H.D.}(x_i, g_1), \psi^{H.D.}(x_j, g_2), \nu(g_1, g_2) \}.$$

Это нечеткое отношение предпочтения является результатом «свертки» семейства нечетких отношений  $\psi(x_i, x_j, g)$  в единое результирующее нечеткое отношение предпочтений с учетом информации о компетентности экспертов в данной предметной области.

Таким образом, задача выбора альтернатив с несколькими отношениями предпочтения сводится к задаче выбора альтернатив с единственным отношением предпочтения. Для ее решения на основе индуцированных отношений предпочтения на множестве альтернатив  $\eta(x_i, x_j)$  определяется соответствующее множество недоминируемых альтернатив

$$\tilde{\eta}^{H.D.}(x_i) = 1 - \sup_{x_j \in X} [\eta(x_j, x_i) - \eta(x_i, x_j)].$$

Наконец, из выражения

$$\eta^{н.д.}(x_i) = \min \{ \tilde{\eta}^{н.д.}(x_i), \eta(x_i, x_j) \}$$

определяется скорректированное нечеткое множество недоминируемых альтернатив и выбирается альтернатива, доставляющая максимум функции  $\eta^{н.д.}(x)$

$$\eta^{н.д.}(x) = \sup_{x_j \in X} \eta(x_i),$$

которая представляет собой наиболее эффективную альтернативу. Выбранная альтернатива является результирующим групповым решением выбора и совпадает с одним из индивидуальных решений.

#### **4.1.3. Результаты эмпирического эксперимента по оценке спроса на ИТ-специальности**

Для практической реализации задачи оценки спроса на ИТ-специальности использованы: перечень последних, базирующийся на результатах проведенного сотрудниками Института информационных технологий НАНА мониторинга ИТ-сегмента рынка труда [104]; данные об ИТ-профессиях и специальностях, по которым ведется обучение в системе образования Азербайджана; кодификатор профессий и специальностей ISCO-08 [7]; статистические данные Государственной службы занятости; объявления о вакансиях в открытых Интернет-ресурсах, заявки работодателей на заполнение вакантных мест в веб-сайтах рекрутинговых агентств. В итоге весь перечень ИТ-специальностей объединен в 14 укрупненных групп ИТ-специальностей.

Для сравнения ИТ-специальностей (альтернатив) большое значение имеет наличие надежных критериев (признаков) оценки последних. Эти критерии, с одной стороны, должны характеризовать ИТ-специальности с позиций соотношения спроса и предложения на рынке, с другой – допускать их ранжирование, т.е. упорядочение в

порядке возрастания или убывания. При этом критерии, характеризующие альтернативы, могут быть как количественными (например, заработная плата по оцениваемой специальности), так и качественными (например, возможности карьерного роста).

Для отбора критериев и шкал оценок приоритетных ИТ-специальностей проведено обсуждение с ведущими специалистами Института информационных технологий Национальной Академии наук Азербайджана, Министерства образования, ИТ-индустрии и составлен перечень последних. В качестве критериев, применяемых к оценке ИТ-специальностей, выделены следующие:

1. Степень приоритета специальности как в разрезе отрасли, так и в других отраслях экономики.

2. Возможности карьерного роста (перспективы продвижения по служебной лестнице) как в разрезе отрасли, так и в других отраслях экономики.

3. Зарботная плата по оцениваемой ИТ-специальности.

4. Спрос по оцениваемым ИТ-специальностям с позиций трудоустройства.

5. Предложение по оцениваемым ИТ-специальностям с позиций трудоустройства.

Шкалы оценки критериев имеют различные удобные и понятные для экспертов качественные градации, упорядоченные от наилучшей к наихудшей, и их нечеткие соответствия.

Экспертная оценка и логические расчеты с применением предложенных методов по всем 14 оцениваемым группам ИТ-специальностей позволили получить упорядочение последних по степени их востребованности на рынке труда:

1. Программист.
2. Программист-разработчик (Web, SQL, Java, NET и т.п.).
3. Специалист по информационной безопасности.

4. Специалист по информационным системам.
5. Системный администратор.
6. Администратор баз данных.
7. Сетевой инженер.
8. Менеджер ИТ.
9. Менеджер по продажам и маркетингу решений и сложных технических систем.
10. ИТ-исследователь.
11. Консультант по внедрению ИТ-решений.
12. Инженер-электронщик.
13. Системный аналитик.
14. Системный архитектор.

Проверка предложенного подхода осуществлялась путем сравнительного анализа с результатами мониторинга спроса и предложения на ИТ-специальности [104], а также с профессиональной направленностью ИТ-вакансий, объявленных в открытых Интернет-ресурсах, на веб-сайтах служб занятости, рекрутинговых агентств. Так, анализ динамики вакансий по указанным выше ИТ-специальностям на 80-85% подтверждает полученное упорядочение, т.е. ИТ-специальности, попавшие согласно предложенной методике оценки в категорию приоритетных, являются также наиболее востребованными на рынке труда.

В главе V показано, что в настоящее время прием и подготовка ИТ-специалистов по некоторым из указанных выше востребованным специальностям не соответствуют потребностям рынка труда как в количественном, так и в качественном разрезах. Так, например, прием студентов по специальности «Информационная безопасность» в количестве 15 человек начался в 2013/2014 учебном году и первый выпуск бакалавров состоялся только в 2018 году (см. табл.5.17, рис.5.15).

## **4.2. Метод управления количественным дисбалансом спроса и предложения на ИТ-специалистов на макроуровне**

В главе II разработана функциональная модель интеллектуального управления рынком труда (см. рис.2.4), демонстрирующая взаимодействие векторов спроса и предложения на ИТ-специалистов и источники движения ресурсных потоков. Как следует из схемы, одним из основных источников притока рабочей силы на рынке труда и инфраструктурным элементом его регулирования, в том числе и в разрезе профессионально-квалификационных групп [232], является рынок непрерывных образовательных услуг, обеспечивающий входной поток ИТ-специалистов – носителей различных ИТ-профессий, специальностей и квалификаций. Квалификация в данном контексте означает официальное подтверждение (диплом или свидетельство) успешного завершения образования или обучения и законного права заниматься определенной профессиональной деятельностью. Это дает возможность разработать единое модельное представление взаимодействия системы вакансий (спроса), ИТ-профильной рабочей силы (предложения), институтов, непосредственно воздействующих на процессы и механизмы управления спросом и предложением на ИТ-специалистов, и определить суммарный спрос (предложение) на уровне любой территориальной и географической единицы, страны в целом.

Посредством рынка непрерывных образовательных услуг реализуется еще одна важная функция. Систематически «собирая» информацию о требованиях рынка труда к ИТ-специалистам, полученную из различных альтернативных источников (требования к ИТ-вакансиям в СМИ, в социальных медиа, на сайтах рекрутинговых агентств, результаты обследований качества ИТ-профильного образования, независимых опросов и пр.), рынок непрерывных образовательных услуг актуализирует

текущие потребности в образовательных услугах. Тем самым формируется обратная связь (управляющие воздействия), позволяющая адаптировать спрос на образовательные услуги в сфере ИТ к потребностям рынка труда.

Следует также учесть характерную особенность задач, имеющих место при оценке дисбаланса спроса и предложения на макроуровне, заключающуюся в том, что информация для их решения складывается из процессов наблюдения состояний спроса и предложения в различных временных интервалах и из разных источников. Это означает, что данные о наблюдаемых ситуациях являются существенно зависимыми от времени, и необходимо говорить о спросе и предложении и их соотношении в определенном временном интервале.

### **Общая постановка задачи**

Для управления дисбалансом спроса и предложения на макроуровне разработать: 1) метод расчета суммарного спроса и суммарного предложения в разрезе ИТ-профессий и квалификаций; 2) метод оценки степени профессионально-квалификационной рассогласованности спроса и предложения, отражающей конъюнктуру рынка труда ИТ-специалистов.

Механизм количественной оценки спроса и предложения в профессионально-квалификационном разрезе позволит выявить показатель профессионально-квалификационной рассогласованности рынка труда и рынка образовательных услуг, а величина и характер дисбаланса предоставят возможность выработки адекватного управляющего воздействия.

Определение спроса и предложения базируется на транзакционной схеме функционирования структурных элементов рынка труда ИТ-специалистов (см. рис.2.4) [97, 99, 213].

## Решение задачи

Пусть  $[t_1, t_2]$  – заданный интервал времени. Объем и структуру спроса на ИТ-специалистов в разрезе ИТ-профессий и специальностей опишем вектором  $V[t_1, t_2] = \{V_1[t_1, t_2], V_2[t_1, t_2], \dots, V_N[t_1, t_2]\}$ , представляющим множество ИТ-вакансий по отраслям национальной экономики во временном интервале  $[t_1, t_2]$ , где  $N$  – численность ИТ-профессий и специальностей, имеющих на рынке труда.

Объем и структуру предложения ИТ-специалистов в заданном интервале времени в разрезе ИТ-профессий и специальностей можно охарактеризовать вектором предложения  $S[t_1, t_2] = \{S_1[t_1, t_2], S_2[t_1, t_2], \dots, S_N[t_1, t_2]\}$ .

Взаимодействие спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов и движение ресурсных потоков происходят, в основном, посредством трех источников. Так, общее количество ИТ-специалистов с определенной профессионально-квалификационной структурой, занятых трудоустройством самостоятельно (через друзей, родных, близких и пр.), может быть описано вектором  $S^1[t_1, t_2] = \{S_1^1[t_1, t_2], S_2^1[t_1, t_2], \dots, S_N^1[t_1, t_2]\}$ . Количество трудоустроенных ИТ-специалистов из этой категории в течение времени  $[t_1, t_2]$  обозначим через  $H^+[t_1, t_2]$ , а численность ищущих работу – через  $H^- [t_1, t_2]$ . Эти векторы могут быть описаны также в разрезе количества трудоустроенных  $H^+[t_1, t_2] = \{H_1^+[t_1, t_2], H_2^+[t_1, t_2], \dots, H_N^+[t_1, t_2]\}$  и ищущих работу по каждой ИТ-профессии и специальности –  $H^- [t_1, t_2] = \{H_1^- [t_1, t_2], H_2^- [t_1, t_2], \dots, H_N^- [t_1, t_2]\}$ .

Общее количество и структуру ИТ-специалистов, занятых трудоустройством через Интернет и другие посреднические рекрутинговые агентства, опишем вектором  $S^2[t_1, t_2] = \{S_1^2[t_1, t_2], S_2^2[t_1, t_2], \dots, S_N^2[t_1, t_2]\}$ . Среди

них  $W^+[t_1, t_2]$  – количество трудоустроенных, а  $W^-[t_1, t_2]$  – численность нетрудоустроенных. В разрезе профессионально-квалификационной структуры количество трудоустроенных и нетрудоустроенных ИТ-специалистов этой категории описано следующими векторами:

$$W^+[t_1, t_2] = \{W_1^+[t_1, t_2], W_2^+[t_1, t_2], \dots, W_N^+[t_1, t_2]\};$$

$$W^-[t_1, t_2] = \{W_1^-[t_1, t_2], W_2^-[t_1, t_2], \dots, W_N^-[t_1, t_2]\}.$$

Общее количество и структуру ИТ-специалистов, занятых трудоустройством через рынок образовательных услуг, опишем вектором:

$$S^3[t_1, t_2] = \{S_1^3[t_1, t_2], S_2^3[t_1, t_2], \dots, S_N^3[t_1, t_2]\},$$

среди них  $Q^+[t_1, t_2] = \{Q_1^+[t_1, t_2], Q_2^+[t_1, t_2], \dots, Q_N^+[t_1, t_2]\}$  – количество и профессионально-квалификационная структура трудоустроенных, поступивших на рынок труда через источники различных форм обучения и переподготовки, а  $Q^-[t_1, t_2] = \{Q_1^-[t_1, t_2], Q_2^-[t_1, t_2], \dots, Q_N^-[t_1, t_2]\}$  – количество и профессионально-квалификационная структура нетрудоустроенных из этой категории, претендующих на ИТ-вакансии.

Построенная таким образом система векторов позволяет полностью описать общее количество и структуру ИТ-специалистов, находящихся на рынке труда.

Нетрудоустроенная часть ИТ-специалистов составляет вектор предложения на текущий момент времени  $t$ , который может быть описан следующим образом:

$$S(t) = \{H^-[t_1, t_2] + W^-[t_1, t_2] + Q^-[t_1, t_2]\}.$$

Общая численность удовлетворенных заявок спроса и предложения на ИТ-специалистов за некоторый отрезок времени  $[t_1, t_2]$  по всем источникам взаимодействия спроса и предложения может быть представлена в виде суммы:

$$VIS[t_1, t_2] = \{H^+[t_1, t_2] + W^+[t_1, t_2] + Q^+[t_1, t_2]\}.$$

Тогда неудовлетворенный спрос в текущий момент времени  $t$  определяется следующим образом:

$$V(t) = V[t_1, t_2] - VIS[t_1, t_2],$$

а предложение может быть рассчитано из выражения:

$$S(t) = S[t_1, t_2] - VIS[t_1, t_2].$$

Общая численность удовлетворенных запросов и предложений в разрезе отдельных ИТ-профессий и специальностей за некоторый отрезок времени  $[t_1, t_2]$  по всем источникам взаимодействия спроса и предложения может быть определена из следующих выражений:

$$VIS_1[t_1, t_2] = \{H_1^+[t_1, t_2] + W_1^+[t_1, t_2] + Q_1^+[t_1, t_2]\},$$

$$VIS_N[t_1, t_2] = \{H_N^+[t_1, t_2] + W_N^+[t_1, t_2] + Q_N^+[t_1, t_2]\}.$$

Спрос и предложение по отдельным ИТ-профессиям и специальностям за период  $[t_1, t_2]$  будут описаны следующим образом:

$$V_1(t) = V_1[t_1, t_2] - VIS_1[t_1, t_2], \dots, V_N(t) = V_N[t_1, t_2] - VIS_N[t_1, t_2];$$

$$S_1(t) = S_1[t_1, t_2] - VIS_1[t_1, t_2], \dots, S_N(t) = S_N[t_1, t_2] - VIS_N[t_1, t_2].$$

#### 4.2.1. Конъюнктура рынка труда ИТ-специалистов

Взаимодействие спроса и предложения на ИТ-специалистов формирует конъюнктуру соответствующего сегмента рынка труда. Конъюнктура рынка труда – это реальная ситуация, которая складывается на рынке труда в процессе взаимодействия спроса и предложения под влиянием многочисленных факторов (политических, социально-экономических, демографических, миграционных и др.) [56, 201]. Она характеризуется соотношением спроса и предложения. С точки зрения конъюнктуры рынка труда традиционно различают три его состояния: равновесное, трудодефицитное и трудоизбыточное. На практике как общее количественное, так и структурное равновесие

(сбалансированность, согласованность) спроса и предложения рабочей силы трудно достижимы. Конъюнктура рынка труда оказывает непосредственное воздействие на цену рабочей силы, которая в свою очередь колеблется в зависимости от условий, действующих на рынках.

Рассмотрим конъюнктуру рынка труда в контексте сегмента ИТ. Так, 1) если в момент времени  $t$  вектор спроса  $V(t)$  превосходит вектор предложения  $S(t)$ , т.е. суммарный спрос на ИТ-специалистов по различным ИТ-профессиям и специализациям больше суммарного предложения в разрезе рассматриваемых ИТ-профессий и специализаций  $V(t) > S(t)$ , то на рынке труда наблюдается дефицит ИТ-специалистов; 2) если в момент времени  $t$  вектор предложения  $S(t)$  превосходит вектор спроса  $V(t)$ , т.е. суммарное предложение ИТ-специалистов по различным ИТ-профессиям и специализациям больше суммарного спроса на ИТ-специалистов в разрезе рассматриваемых ИТ-профессий и специализаций  $V(t) < S(t)$ , то на рынке труда наблюдается избыток ИТ-специалистов; 3) если в момент времени  $t$  векторы предложения  $S(t)$  и спроса  $V(t)$  совпадают, т.е. количество и структура предложения ИТ-специалистов равны количеству ИТ-профильных вакансий, на которые требуются ИТ-специалисты заявленной квалификации и специализации, то можно говорить об идеальной ситуации равновесия  $V(t) = S(t)$  на рынке труда.

Описание конъюнктуры рынка труда посредством указанных выше трех состояний не позволяет выявить широкий спектр взаимоотношений спроса и предложения на ИТ-специалистов. Например, дисбаланс между спросом и предложением может быть достаточно большим (критическим) или же, наоборот, несущественным. Необходимо также обратить внимание на характер тенденций роста или уменьшения дисбаланса с позиций спроса и предложения,

т.е. выявить как динамику предложения, так и тенденции изменения спроса. Многообразии возможных состояний спроса и предложения порождает соответствующее множество различных конъюнктурных ситуаций на рынке труда ИТ-специалистов. Это, в свою очередь, для каждого конкретного случая определяет необходимость оперативного принятия соответствующего управленческого решения в направлении уменьшения дисбаланса спроса и предложения.

#### **4.2.2. Подходы к минимизации дисбаланса спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов**

Практика стран с развитой рыночной экономикой [178, 188, 225, 227, 247] показывает, что полное совпадение спроса и предложения на рынке труда невозможно. Более того, рынок труда изначально неустойчив вследствие временного запаздывания потенциального спроса и предложения [184].

Наиболее распространенная векторная форма записи идеальной целевой функции рассогласованности спроса и предложения на рынке труда имеет следующий вид:  $V(t) - S(t) \rightarrow 0$ .

Среди исследователей и практиков чаще всего наблюдается стремление минимизировать разницу между векторами спроса и предложения. При этом в зависимости от социальной политики страны, уровня ее экономического развития формулируются различные критерии оптимального функционирования рынка труда. Среди них наиболее распространенными являются поддержание экономически целесообразного минимального («естественного») уровня безработицы и оптимального уровня занятости. Существуют различные подходы к формализованному описанию понятия «оптимальный уровень безработицы». Согласно транзакционной схеме функционирования структурных элементов рынка труда ИТ-специалистов (см. рис.2.4),

механизмы регулирования (принимаемые управляющие воздействия) и саморегулирования должны изменить потоки спроса и предложения на ИТ-специалистов таким образом, чтобы достигнуть их минимального дисбаланса. Это означает, что принимаемые управленческие воздействия при данном уровне спроса (количества вакансий) и предложения (количества безработных и ищущих работу ИТ-специалистов) должны обеспечить максимальный общий уровень найма:

$$VIS[t_1, t_2] = \{H^+[t_1, t_2] + W^+[t_1, t_2] + Q^+[t_1, t_2]\} \rightarrow \max .$$

Можно рассмотреть также достижение согласованности спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов в структурном разрезе. В этом случае необходимо стремиться к достижению максимального найма по каждой отдельной ИТ-профессии и специальности, т.е.:

$$\max D = \max\{VIS_1(t) + VIS_2(t) + \dots + VIS_N(t)\}.$$

Показатель сбалансированности спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов можно описать также с позиций предложения, т.е. достижения минимального уровня безработицы, который в принятых обозначениях имеет вид:

$$S(t) = \{H^-[t_1, t_2] + W^-[t_1, t_2] + Q^-[t_1, t_2]\} \rightarrow \min .$$

Можно ввести также понятие сбалансированности с позиций достижения минимального уровня структурной безработицы в течение определенного времени, который может быть определен как минимум суммарного дисбаланса по различным ИТ-профессиям и специальностям:

$$\min D^* = \min\{(V_1(t) - VIS_1(t)) + (V_2(t) - VIS_2(t)) + \dots + (V_N(t) - VIS_N(t))\}.$$

Для реализации описанной схемы функционирования рынка труда для всех его компонентов должны быть указаны источники необходимой информации и процедуры ее оценки. Эта информация базируется на данных национальных

органов статистики, национальных обзоров рабочей силы, бюджетного обследования домохозяйств и результатах различных альтернативных обследований рынка труда.

Согласно зарубежному опыту формирования показателей рынка труда, большинство показателей [188, 227] рассчитывается на основе регулярного прямого анкетирования респондентов и выборочных обследований. Эти показатели основаны на мнениях опрошенных и являются критериальными, что позволяет проводить постоянный мониторинг ситуации на рынке труда.

При проектировании интеллектуальной системы управления дисбалансом спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов авторами за счет адаптации лучшей мировой практики разработаны классификационные схемы индикаторов, определяющих спрос, а также совокупное предложение на рынке труда ИТ-специалистов (на примере Азербайджана), информационные модели спроса и предложения и т.п. [110]. При расширенном подходе к определению смысла понятия «спрос» при формировании индикаторов спроса, входных и выходных потоков предложения наряду с другими факторами должны быть учтены также демографические, в том числе миграционные, факторы. Исследование этих вопросов выходит за рамки настоящей работы.

#### **4.3. Разработка метода оценки степени дисбаланса спроса и предложения на основе нечеткой шкалы рассогласованности**

Для получения обобщенной характеристики соотношения спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов во временном интервале  $[t_1, t_2]$  введем понятие «показатель количественного дисбаланса», который определяет отношение числа безработных и ищущих работу ИТ-специалистов (предложения) к численности ИТ-профильных вакансий:

$$\delta = S[t_1, t_2] / V[t_1, t_2], \text{ если } S[t_1, t_2] < V[t_1, t_2] \quad (4.1)$$

$$\delta = V[t_1, t_2] / S[t_1, t_2], \text{ если } S[t_1, t_2] > V[t_1, t_2]. \quad (4.2)$$

Пусть показатели, описывающие рынок труда ИТ-специалистов, информационно поддержаны, и на основе приведенных выше выражений (4.1) и (4.2) можно рассчитать величину спроса и предложения. Как правило, фактические данные для оценки спроса и предложения поступают из различных источников информации. Эта информация не идеальна, далека от полноты и не лишена субъективизма и противоречивости. Поэтому естественным представляется рассмотреть показатель «дисбаланс спроса и предложения» как лингвистическую переменную. В зависимости от значения отклонения (рассогласованности) спроса и предложения каждая градация состояния дисбаланса может быть вербально выражена такими лингвистическими терминами, как оптимальный дисбаланс, минимальный дисбаланс, допустимый дисбаланс, предельный дисбаланс, полный дисбаланс спроса и предложения. Предлагается описать диапазон изменения дисбаланса спроса и предложения на ИТ-специалистов в виде шкалы рассогласованности, состоящей в зависимости от степени превосходства спроса над предложением или, наоборот, предложения над спросом из двух отрезков, которые назовем областью положительного спроса в случае превосходства последнего над предложением и областью положительного предложения в противном случае [99, 203, 208, 211].

Информация о степени дисбаланса на шкале рассогласованности представляет собой экспертные оценки в виде функций принадлежности нечетких множеств, полученных отображением экспертами указанных выше вербальных градаций (значений) лингвистической переменной «дисбаланс спроса и предложения» на универсальную нечеткую шкалу, представленную отрезком  $[0,1]$ . Здесь точка «0» соответствует неприемлемому значению количественной характеристики дисбаланса, т.е.

отражает полный дисбаланс спроса и предложения, а точка «1» соответствует состоянию равновесия спроса и предложения, т.е. отражает идеальное соотношение последних. Для формального описания вербальных параметров экспертами определяются соответствующие лингвистические и нечеткие переменные, базовые множества и функции принадлежности нечетких переменных, при задании которых применяются прямые и косвенные методы [29, 254]. При использовании прямых методов степени принадлежности элементов  $x \in X$  могут быть заданы одним экспертом или группой экспертов. В случае одного эксперта последний для каждой из  $l = \overline{1, m}$  вербальных градаций лингвистической переменной «дисбаланс спроса и предложения» ставит в соответствие степень принадлежности  $\mu_l(x) \in [0,1]$ , которая с его точки зрения наилучшим образом согласуется со смысловой интерпретацией нечеткого множества.

Рисунки 4.1 и 4.2 графически иллюстрируют шкалу рассогласованности, отражающую дисбаланс спроса и предложения. Как видно из рисунков, каждая из указанных областей изменения дисбаланса  $[E, A]$  и  $[E^*, A]$  представляет собой интервал  $[0,1]$ , разделенный в соответствии с возможной степенью рассогласованности спроса и предложения на ряд отрезков – областей отклонения от нормативного значения дисбаланса.

Для формализации параметров, определяющих степень дисбаланса спроса и предложения в некоторый момент времени, воспользуемся введенными в работе [241] для оценки меры неопределенности функциями  $s(S_j)$ , названными нечеткими мерами и представляющими собой действительное число, которое эксперт ставит в соответствие каждому событию  $S_j$ . Для  $\forall i$  функции  $s(S_j)$  характеризуют степень уверенности эксперта в том, что

$s(S_j) \subset \Psi_s$ . Таким образом, диапазон изменения дисбаланса в зависимости от степени его выраженности, т.е. семантической интерпретации вербальных градаций, методом экспертной оценки может быть разделен на несколько нечетких интервалов, отражающих область изменения функций принадлежности нечетких множеств вербальных градаций лингвистической переменной «дисбаланс спроса и предложения»  $\delta_i$ , определенной на множестве действительных чисел  $R_\delta$  в виде отображения  $\mu_{\delta_i} : R_\delta \rightarrow [0,1]$ . Так, например, нормативному значению дисбаланса спроса и предложения с точки зрения эксперта может соответствовать диапазон изменения степени принадлежности в интервале  $[0,8;1]$ , а полный дисбаланс спроса и предложения может иметь место в случае попадания значений функций принадлежности в интервал  $[0; 0,2)$  (табл.4.1).

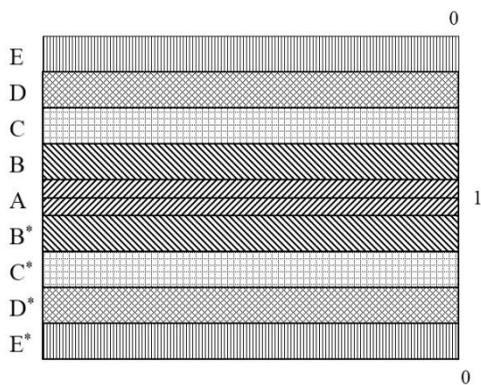


Рис.4.1. Графическая иллюстрация степени дисбаланса спроса и предложения

A – область с нормативным (оптимальным) значением соотношения спроса и предложения;  
 B, B\* – области минимального дисбаланса (отклонения) спроса и предложения;  
 C, C\* – области допустимого дисбаланса спроса и предложения;  
 D, D\* – области критического дисбаланса спроса и предложения;  
 E, E\* – области полного дисбаланса спроса и предложения.

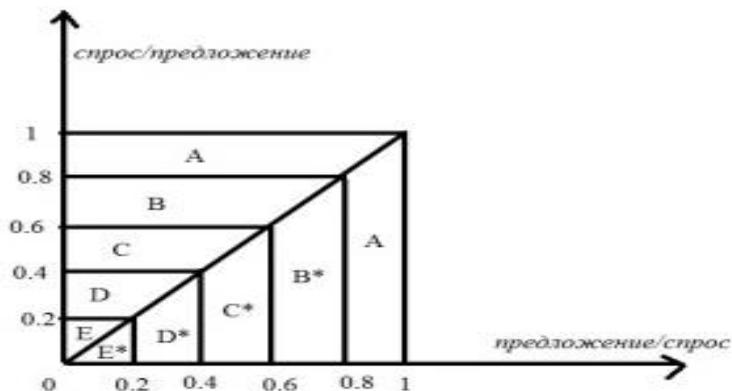


Рис.4.2. Графическая иллюстрация степени дисбаланса спроса и предложения

Таблица 4.1.

Область изменения функций принадлежности нечетких множеств вербальных градаций дисбаланса спроса и предложения, в том числе в разрезе отдельных ИТ-профессий и специальностей

	Термы – вербальные (нечеткие) оценки градаций лингвистической переменной «дисбаланс спроса и предложения»	Диапазон изменения термов на шкале рассогласования
Дисбаланс спроса и предложения	Оптимальный (нормативный) дисбаланс спроса и предложения	[0,8;1]
	Минимальный дисбаланс	[0,6;0,8)
	Допустимый дисбаланс	[0,4;0,6)
	Критический дисбаланс	[0,2;0,4)
	Полный дисбаланс спроса и предложения	[0;0,2)

Обозначим нормативное значение дисбаланса (оптимальное соотношение спроса и предложения) в момент времени  $t^m$  (или в определенном временном отрезке) через  $\delta^{t^m}_{norm} = S^{t^m}_{norm} / V^{t^m}_{norm}$ , если  $S^{t^m}_{norm} < V^{t^m}_{norm}$ , и  $\delta^{t^m}_{norm} = V^{t^m}_{norm} / S^{t^m}_{norm}$ , если

$S_{norm}^{t_m} > V_{norm}^{t_m}$ . Если известны текущие значения спроса и предложения и, соответственно, их соотношение (текущий дисбаланс), т.е.  $\delta_{cur}^{t_m} = S_{cur}^{t_m} / V_{cur}^{t_m}$ , тогда функции принадлежности текущего состояния дисбаланса по шкале рассогласования могут быть определены из следующего выражения:

$$\mu_l(x) = 1 - \left| \delta_{cur}^{t_m} - \delta_{norm}^{t_m} \right|. \quad (4.3)$$

Как видно из рисунка 4.1, дисбаланс спроса и предложения может изменяться в широком диапазоне: от нормативного значения соотношения спроса и предложения до их полного дисбаланса. Чем ближе значение текущего дисбаланса к нормативному, тем в более благоприятную область изменения попадают значения функций принадлежности текущего состояния. Предложенный подход к оценке ситуации на рынке труда позволяет осуществить нечеткую классификацию его состояний по степени дисбаланса спроса и предложения.

#### **4.4. Алгоритм нечеткой классификации состояний дисбаланса**

Нечеткая классификация состояний дисбаланса по степени его выраженности на определенный момент времени может быть определена согласно следующему алгоритму:

1. Определить набор вербальных параметров лингвистической переменной «дисбаланс спроса и предложения», отражающих классы нечетких состояний дисбаланса.

2. Для каждого класса нечетких состояний рассогласованности определить область изменения функций принадлежности нечетких множеств градаций дисбаланса.

3. Для каждого класса нечетких состояний дисбаланса в соответствии со значениями функций принадлежности в рамках областей их изменения с использованием

экспертных знаний сгенерировать соответствующие управляющие воздействия в виде производственных правил.

4. Для каждого оцениваемого временного среза по формуле (4.3) определить рассогласование (отклонение) между текущим состоянием и нормативным значением дисбаланса.

5. В соответствии с величиной рассогласованности спроса и предложения и значением соответствующей функции принадлежности установить класс, к которому относится исследуемое состояние дисбаланса.

6. В зависимости от класса, в который попадают значения отклонения спроса и предложения, активизация из базы знаний производственного правила, соответствующего искомому управленческому решению.

База знаний, как один из основных модулей проектируемой интеллектуальной системы управления дисбалансом спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда, состоит из множества подбаз производственных правил, каждая из которых отражает отдельный класс нечетких состояний рассогласованности и включает сгенерированные специалистами-экспертами управленческие решения по сокращению степени несоответствия спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Так, например, управляющие воздействия, которые формируются в виде производственных правил в открытой базе знаний, в зависимости от класса, в который они включены, могут относиться к устранению несоответствий между спросом и предложением в разрезе восполнения количественного дефицита ИТ-специалистов, в том числе и в разрезе отдельных ИТ-профессий и специальностей, или же согласования структурного дисбаланса ИТ-специалистов [100, 211]. Далее производственные правила могут затрагивать качественные аспекты дисбаланса спроса и предложения, которые связаны с устареванием навыков в сфере ИТ, появлением и необходимостью устранения факторов, сдерживающих рост сектора ИТ. Еще один класс

управляющих правил может быть связан с мерами политики в сфере непрерывного образования и обучения (переподготовки, повышения квалификации, дополнительного образования), направленными на устранение несоответствия спроса и предложения. Другой класс правил может отражать меры по расширению и созданию новых инновационных ИТ-профильных рабочих мест, развитию необходимого человеческого потенциала, адаптации системы ИТ-образования к потребностям рынка, разработке механизмов координации деятельности заинтересованных сторон на рынке труда ИТ-специалистов и т.п.

База знаний при использовании продукционных моделей для представления экспертных знаний формируется в виде импликативных правил (продукций) типа если-то (*If-then*):

$\{(Условие\ 1)\} \& \{(Условие\ 2)\} \& \dots \& \{(Условие\ T)\} \rightarrow \{(Следствие)\}.$

Под «условием» – левой частью правила (антецедентом) понимается некоторое предложение-образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под «следствием» (консеквентом) подразумеваются действия (управляющие воздействия), выполняемые при успешном исходе поиска. Они могут быть промежуточными, выступающими далее как условия, терминальными или целевыми, завершающими работу системы.

Формальное описание базы правил, представленное в виде множества нечетких правил логического вывода  $R_i$  типа Мамдани [168], имеет следующий вид:

$$R_i : \text{If } x_1 \text{ is } A_{i1} \text{ and (or) } x_2 \text{ is } A_{i2} \text{ and (or) } \dots x_m \text{ is } A_{im} \text{ then } y_i = B_i, (4.4)$$

где  $R_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$ ;  $n$  – множество правил логического вывода;  $x_j$ ,  $j = \overline{1, m}$  – входные переменные;  $A_{ij}$  – соответствующие им нечеткие множества;  $y_i$  – выходная переменная;  $B_i$  – соответствующие управляющие воздействия. Здесь входные данные являются нечеткими, а выходные – четкими.

Продукционные модели обладают свойствами наглядности, высокой модульности, легкостью внесения дополнений и изменений и простым механизмом логического вывода [130].

Приведем примеры типовых имплицативных правил в вербальной интерпретации в гипотетической базе знаний:

1. **Если** *уровень несоответствия спроса и предложения профессиональных навыков ( $x_1$ ) ИТ-специалистов высокий и степень дисбаланса между подготовкой ИТ-кадров и требованиями рынка труда ( $x_2$ ) значительна, то* изменить учебные программы (управленческое решение/воздействие).

В компактной форме правило можно записать в следующем виде:

**Если**  $x_1$  =высокое и  $x_2$  =значительное, **то**  $y_1$  = *обновление учебных программ.*

2. **Если** *избыток ИТ-специалистов* определенного профиля (уровень несоответствия спроса и предложения носит структурный характер) и степень дисбаланса спроса и предложения *критическая*, **то** данный профиль не востребован и целесообразно *уменьшение (закрытие)* количества бюджетных мест по данной специальности.

Если уровень несоответствия навыков очень высокий, то меры политики должны включать в себя прогнозирование будущих потребностей в навыках, использование секторальных или профессиональных советов по вопросам навыков и ввод в действие заказных качественных и количественных исследовательских проектов, улучшение услуг по профориентации и консультированию. В таком случае в качестве управляющих воздействий могут быть открытие новых ИТ-специальностей и специализаций с учетом сценариев среднесрочных изменений спроса на ИТ-кадры и программ обучения.

## ГЛАВА V. СПРОС И ПРЕДЛОЖЕНИЕ НА РЫНКЕ ТРУДА ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Сектор ИТ как динамично развивающаяся, многокомпонентная и разнородная система представляет собой довольно сложный объект для структуризации. На сегодня единый подход к его структуре отсутствует, что, в свою очередь, обуславливает отсутствие четко очерченных границ рынка ИТ. Этот факт подтверждается отсутствием однозначно принятой модели отрасли ИКТ и наличием в литературе множества расширенных и узких определений границ отрасли ИТ. При этом подавляющая часть специалистов, ссылаясь на зарубежный опыт [32, 122, 124], под рынком ИТ понимает совокупность трех сегментов:

1. Аппаратное обеспечение или оборудование (Hardware, «железо»), включающее компьютеры, планшеты, смартфоны, серверы, логические устройства, внешние устройства, комплектующие, системы хранения, сетевое оборудование и др.

2. ПО, включающее: а) системное ПО, основным компонентом которого является операционная система; б) инструментальное ПО, к которому относятся системы управления базами данных, языки программирования и т.п., предоставляющие инструментарий по созданию прикладного ПО; в) прикладное ПО, включающее совокупность средств, предназначенных для решения задач пользователя и рассчитанных на непосредственное взаимодействие с ним.

3. ИТ-услуги, охватывающие совокупность информационных продуктов, предоставляемых в распоряжение пользователя, включая выполнение функций, связанных с поддержкой и обслуживанием информационных систем и ИТ-инфраструктуры, разработку уникальных продуктов (специализированного ПО, информационных систем и др.), системную интеграцию, предполагающую установку и наладку операционных систем, баз данных, средств связи,

устройств хранения данных, подключения к Интернету, разработку по заказу ПО, консалтинг, заключающийся в информационной поддержке бизнес-процессов, независимые экспертные оценки эффективности использования ИТ, обучение и тренинги, направленные на развитие знаний, умений и навыков в области ИТ-технологий, и т.п.

Мировой опыт показывает, что довольно трудно точно оценить объем отрасли ИТ, экспертные оценки также имеют достаточно широкий разброс. Эта обусловлено такими факторами, как: 1) отсутствие четкой классификации отрасли ИКТ в рамках страновых классификаторов вследствие размытости ее границ и сложность сбора статистики у государственных органов; 2) динамичный характер отрасли ИТ, способствующий быстрому устареванию навыков и затрудняющий предвидение будущих требований к навыкам в этом секторе, что является основной причиной несоответствия подготовки ИТ-кадров спросу на ИТ-рынке труда.

В странах СНГ, в том числе и в Азербайджане, данная проблема еще более осложняется вследствие: 1) несоответствия системы статистических данных по рынку труда международным статистическим стандартам; 2) несовершенства Национального классификатора профессий, а также классификатора специальностей профессионального образования; 3) отсутствия отраслевой карты компетенций (профессиональных знаний и навыков); 4) отсутствия гармонизации классификаторов, используемых при анализе рынка труда и системы образования.

В настоящей главе представлен сравнительный анализ численности ИТ-специалистов, занятых в экономике различных стран, в том числе и в Азербайджане, приведены результаты аналитического исследования современного состояния и тенденций развития отрасли ИКТ в Азербайджане, описаны авторские методики расчета общей численности ИТ-специалистов и соотношения спроса и предложения на них в АР. Даны результаты мониторинга

ИТ-сегмента рынка труда Азербайджана, исследованы вопросы притока и оттока ИТ-специалистов и оценена доля ИТ-специалистов, сменивших сферу профессиональной деятельности.

### **5.1. Человеческие ресурсы в сфере ИТ, занятые в экономике различных стран**

Общепризнанным является тот факт, что сегодня именно ИТ как одно из направлений высокотехнологичного, наукоемкого производства обеспечивают достаточно высокие темпы развития экономики во многих странах. В [199] изложены результаты аналитического исследования, проведенного сектором анализа ИТ Организации Объединенных Наций и посвященного последствиям развития ИТ. В исследовании показано, что широкомасштабное внедрение ИТ оказывает эффективное воздействие на создание новых рабочих мест и повышение производительности труда. В частности, ИТ являются важным фактором, способствующим росту ВВП в развивающихся странах. Следует отметить мультипликативный эффект ИТ в создании новых рабочих мест. Так, международный опыт показывает, что каждое новое рабочее место, созданное в области ИТ, стимулирует открытие 2–4 новых рабочих мест в других секторах экономики. Согласно прогнозам аналитиков, в ближайшее время в мире будет наблюдаться нехватка ИТ-специалистов. Поскольку основу отрасли ИТ составляют человеческие ресурсы в этой сфере, а продуктом являются результаты их интеллектуальной деятельности, то страны, не обеспечивающие развитие ИТ-образования и его соответствие потребностям рынка труда, столкнутся с проблемами развития всех секторов экономики.

В 2014 году аналитической компанией *International Data Corporation (IDC)* было проведено исследование по выявлению количества ИТ-специалистов в мире [167, 243]. Исследованием было охвачено 90 стран, совокупный внутриваловой продукт (ВВП) которых составляет 97%

мирового. Согласно результатам этого исследования, в 2014 году по всему миру насчитывалось примерно 29 млн. квалифицированных ИТ-специалистов, в том числе 11 млн. профессиональных разработчиков ПО и 7,5 млн. любителей – разработчиков ПО, что в общем составляет около 18,5 млн. программистов. Это приблизительно составляет 0,3% от всей рабочей силы. В таблице 5.1 приведено региональное распределение разработчиков ПО в мире.

Таблица 5.1.

Региональное распределение разработчиков ПО в мире  
в 2014 г.

Регионы	Общее количество разработчиков ПО	ИТ-специалисты – профессионалы	ИТ-специалисты – любители
Азиатско-Тихоокеанский регион	36%	37%	34%
Америка	33%	33%	27%
Европа, Ближний Восток, Африка	31%	30%	39%

*Источник:* [167].

Аналитические компании к ИТ-специалистам предприятий ИТ-отрасли относят профессиональных разработчиков ПО, квалифицированных работников в области управления (менеджеров обеспечивающих служб (баз данных, сети и т.п.), ИТ-исследователей, персонал, осуществляющий продажи программного и аппаратного обеспечения вне собственно ИТ-организаций, и других лиц, занятых постоянно оплачиваемой работой [60, 198].

ИТ-разработчики - любители (непрофессионалы) – это новая категория лиц, отслеживаемая IDC. К ним относятся лица, работающие в качестве ИТ-специалистов, но не имеющие формальной квалификации или диплома в области ИКТ. Согласно [167] к специалистам, работающим в области ИКТ, относятся также работники, которые перешли в этот

сектор из других смежных сфер деятельности, а также работающие студенты.

Одной из причин появления ИТ-разработчиков–непрофессионалов является отток определенной части ИТ-специалистов с профильным образованием из отрасли ИКТ в другие сегменты экономики.

Несмотря на это, в мире наблюдается острая нехватка ИТ-специалистов. Из 18,5 млн. программистов 19% (примерно 4,5 млн. ИТ-специалистов) приходится на долю США, далее следует Китай с 10% (1,9 млн.) программистов, третье место по количеству программистов занимает Индия – 9,8%, что составляет 1,8 млн. работников. В распределении численности квалифицированных специалистов в области ИКТ (29 млн.) по странам мира также в первой тройке находятся США – 22% ИТ-специалистов, Индия – 10,4% ИТ-специалистов, Китай – 7,6% ИТ-специалистов. Логическим результатом такого внимания к развитию человеческих ресурсов является тот факт, что в настоящее время на долю США на мировых рынках высокотехнологичной продукции приходится 39% (для сравнения, в России, являющейся лидером по развитию ИКТ среди стран СНГ, по разным оценкам численность ИТ-специалистов варьируется от 400 до 700 тыс. человек, а доля на мировых рынках высокотехнологичной продукции составляет лишь 0,3%), на ИКТ-товары приходится 11,8% общего объема экспорта США (для сравнения, Россия экспортирует всего лишь 0,2% ИКТ-продукции) [197].

Одним из важных показателей, используемых для сравнения конъюнктуры рынка труда ИТ-специалистов в разрезе различных стран, является доля ИТ-специалистов в структуре занятости экономик этих стран, т.е. доли ИТ-работников от трудоспособного населения. В таблице 5.2 приведены доли ИТ-работников от трудоспособного населения в ряде стран в 2009 году, при выборе которых приняты во внимание уровни их экономического развития.

Таблица 5.2.

Доля ИТ-специалистов от трудоспособного населения  
в различных странах мира в 2009 г.

Страна	Доля ИТ-работников (от трудоспособного населения), %
Норвегия	4,8
США	3,7
Великобритания	3,2
Германия	3,1
Польша	2,8
Турция	1,7
Россия	1,4
Азербайджан*	0,8

*Источник:* [60], \*расчеты автора.

Заметим, что в официальной статистике Азербайджана расчет доли ИТ-специалистов проводится с учетом общего числа наемных работников, а в международных сравнениях используются показатели «доля ИТ-работников от трудоспособного населения, %», а также «доля ИТ-работников от экономически активного населения, %». В соответствии с данными Государственного комитета по статистике (ГКС) [8] в 2009 году численность трудоспособного населения Азербайджана составляла 5.773.300 человек, а общая численность ИТ-специалистов, занятых в экономике страны, оценивалась в 45856 человек, в т.ч. 18000 человек, работающих в секторе ИКТ (данные ГКС) и 27856 человек, работающих в других отраслях экономики (расчеты автора, см. табл. 5.15). Это составляет 0,794% трудоспособного населения. В 2015 году численность трудоспособного населения страны составляла 6.335.900 человек, общая численность ИТ-специалистов – 55971 (20100 и 35871 соответственно), а доля ИТ-специалистов от трудоспособного населения несколько возросла до 0,88% (табл.5.3).

Таблица 5.3

Доля ИТ-специалистов от основных индикаторов рынка труда в Азербайджане в 2009 и 2015 годах

Основные индикаторы рынка труда Азербайджана	2009 г.	2015г.	Доля ИТ-спец. в секторе ИКТ, 2009, (%)*	Доля ИТ-спец. в экон., 2009 (%)*	Доля ИТ-спец. в секторе ИКТ, 2015 (%)*	Доля ИТ-спец. в экон. 2015 (%)*
Грудоспособное население	5773300	6.335900	0,311	0,794	0,317	0,88
Экон. активное население	4531900	4915300	0,397	1,1	0,41	1,139
Наемные работники	1385400	1502500	1,299	3,31	1,337	3,72
Числ. ИТ-спец. в сект. ИКТ	18000	20100				
Числ. ИТ-спец. по другим ВЭД	27856	35871				
Общая числ. ИТ-спец. в экономике Азерб.	45856	55971				

Источник: ГКС, \*расчеты автора.

Сравнительный анализ данных показывает, что по доле ИТ-специалистов в структуре занятости Азербайджан значительно отстает как от промышленно развитых стран, так и от России. Такую ситуацию можно объяснить низким технологическим развитием ряда отраслей национальной экономики, что в конечном счете отрицательно влияет на конкурентоспособность последних и страны в целом. По мере реализации системных мероприятий по развитию ИО, декларированных в принятых государством политических документах, будет расти потребность национальной экономики в увеличении доли ИТ-специалистов.

Выше отмечалось, что расчеты проводились только с учетом ИТ-специалистов, работающих в секторе ИКТ, поскольку официальные данные о численности ИТ-специалистов, работающих в других отраслях экономики, отсутствуют. Это не позволяет составить целостную

картину относительно наличия человеческих ресурсов в ИТ-сегменте рынка труда и количественно оценить спрос и предложение на ИТ-специалистов.

Безусловно, при расчете численности лиц, занятых в ИТ-сегменте рынка труда в той или иной стране, кроме ИТ-индустрии необходимо обязательно принять во внимание количество ИТ-специалистов, работающих в остальных отраслях национальной экономики. В соответствии с [176] сегодня в развитых странах более половины специалистов в области ИТ работают за пределами этой отрасли. Чем шире области внедрения ИТ, тем быстрее растет количество ИТ-специалистов, занятых вне сектора. Так, например, по данным Евростата в 2009 году 45,5% ИТ-специалистов в Европе работали в основном в ИТ-индустрии. Это означает, что большая часть ИТ-специалистов (54,5%) трудилась в других отраслях, т.е. в пользовательской сфере. В России по результатам опроса 345 организаций различного масштаба с общей численностью работающих 187.338 человек и самозанятых ИТ-специалистов (фрилансеров) выявлено, что 29% всех ИТ-специалистов заняты в ИТ-секторе, а 71% ИТ-специалистов осуществляют ИТ-деятельность на других отраслевых предприятиях [60]. В соответствии с [196] в 2013 году 48% ИТ-специалистов в Европе работали в ИКТ-секторе, а 52% – вне этого сектора.

В разделах 5.3-5.4 настоящей главы предложена методика расчета численности ИТ-специалистов, работающих в других отраслях национальной экономики. В соответствии с полученными результатами в 2013 году 36,4% от всех ИТ-специалистов работали в ИТ-секторе, а 63,6% занимались ИТ-деятельностью в других отраслях экономики; в 2015 году 35,9% от общей численности всех ИТ-специалистов были заняты в ИТ-секторе, а 64,1% ИТ-специалистов работали в других отраслях экономики.

## 5.2. Современное состояние и тенденции развития рынка ИКТ в Азербайджане

Внедрение за последние годы ИТ практически во все сферы человеческой деятельности (управление, образование, здравоохранение, бизнес, туризм, банковские услуги и др.) способствовало созданию в Азербайджане базиса для развития инновационно-ориентированной экономики, совершенствования государственного управления и повышения качества и прозрачности оказываемых услуг, расширения доступа населения к различным информационным ресурсам и т.п. Неоспоримую роль в превращении сектора ИКТ в одно из приоритетных направлений экономического развития сыграла целенаправленная государственная политика, нашедшая свое отражение в таких стратегических документах, как «Национальная стратегия по информационно-коммуникационным технологиям во имя развития Азербайджанской Республики (2003–2012 гг.)» [1]; государственные программы по развитию связи и информационных технологий в Азербайджанской Республике (Электронный Азербайджан (2003–2008 гг.)) [5, 6], определившие основные направления деятельности по переходу к информационному обществу путем широкого использования ИКТ и информатизации различных сфер общества. Дальнейшее расширение сектора ИКТ, предусмотренное в концепции развития «Азербайджан 2020: Взгляд в будущее» [2], связано с формированием экономики, основанной на знаниях, проведением системных мероприятий по созданию ИО, наибольшую значимость среди которых имеет формирование «Электронного правительства». Запуск на орбиту первого телекоммуникационного спутника Азербайджана заложил основу создания космической промышленности и открыл новые направления развития сектора ИКТ [10].

Как результат реализации государственной политики в сфере развития сектора ИКТ в течение десяти лет (2003–

2013 г.) в Азербайджане сформировались базовые элементы ИО. В качестве основных характеристик ИО можно отметить создание глобальной информационной среды, становление новых форм социально-экономической деятельности (дистанционное образование, электронная торговля, виртуальная занятость, электронная демократия, электронное правительство), формирование рынка информации и знаний, развитие средств обмена информацией на различных уровнях, обеспечение прав получения, распространения и использования любой информации гражданами и организациями и др.

В настоящее время Азербайджан вступил в новую фазу информатизации, определяемую дальнейшим развитием и созданием ИО. В апреле 2014 года принята очередная «Национальная стратегия по развитию информационного общества в Азербайджанской Республике на 2014–2020 годы», основной целью которой является утверждение в стране ИО [3]. В декабре 2016 года утверждена Стратегическая дорожная карта по развитию телекоммуникационных и информационных технологий в Азербайджане [14].

Следует отметить, что как в Национальной стратегии, так и в Стратегической дорожной карте по развитию ИКТ в Азербайджане предусмотрены достаточно амбициозные планы по развитию ИО в стране. Естественно, без соответствующих человеческих ресурсов претворить в жизнь намеченные глобальные проекты довольно проблематично. Более того, вопрос обеспечения ИТ-кадрами приобретает особую важность не только в рамках ИТ-отрасли, но и в макроэкономическом масштабе. Не случайно как в Национальной стратегии, так и в Стратегической дорожной карте решению проблем подготовки кадров в области ИКТ уделено особое внимание. Повышение конкурентоспособности страны, расширение экспортного потенциала ИКТ-промышленности связаны, прежде всего, с формированием соответствующего человеческого потенциала. Здесь

подготовка высоко-квалифицированных ИТ-кадров по различным ступеням образования увязывается с целями развития сферы ИКТ и с потребностями сектора.

### *Динамика рынка ИКТ в Азербайджане*

Рассмотрим динамику развития рынка ИКТ в Азербайджане в цифрах, предоставленных официальной и отраслевой статистикой. Согласно данным ГКС Азербайджана, рынок ИКТ демонстрирует устойчивый рост (рис.5.1). Как следует из рисунка, на фоне общей динамики роста сектора ИКТ выпуск продукции и услуг по сегменту ИТ увеличился в течение последних 6 лет более чем в три раза.

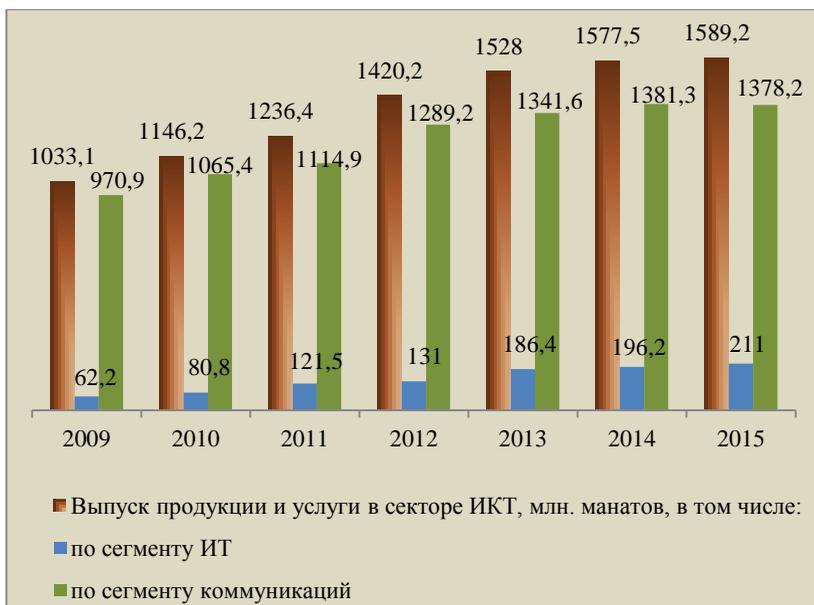


Рис. 5.1. Основные показатели сектора ИКТ в Азербайджане.

*Источник:* ГКС.

Рисунок 5.2 наглядно демонстрирует ежегодные темпы развития сектора ИКТ. При этом значительный прирост

объема добавленной стоимости наблюдается по сегменту ИТ, который по сравнению с 2009 годом увеличился в 2015 году также более чем в три раза, а точнее – в 3,5 раза.

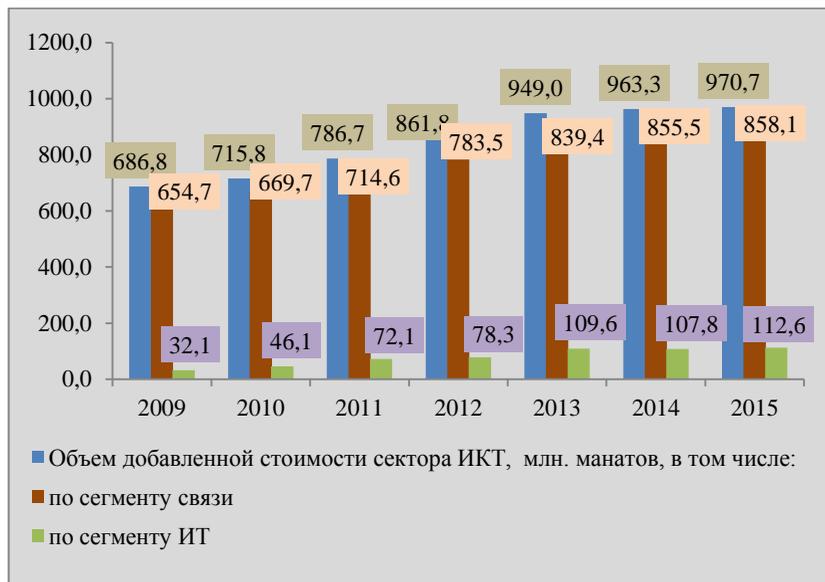


Рис. 5.2. Основные показатели сектора ИКТ в Азербайджане.

Источник: ГКС.

Согласно данным Министерства связи и высоких технологий (МСВТ) [13] и ГКС [12], доходы сектора ИКТ в рассмотренном временном диапазоне в целом возросли втрое, а по сегменту ИТ увеличились в два раза (рис 5.3).

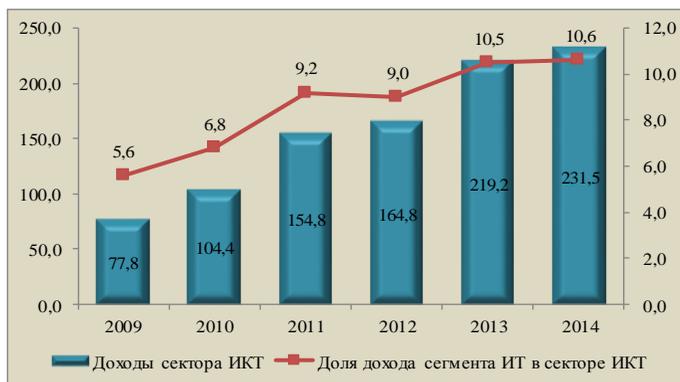


Рис.5.3. Динамика доходов сектора ИКТ и сегмента ИТ.

*Источник:* МСВТ [13], ГКС [12].

«Количество интернет-пользователей» на 100 человек населения является одним из основных показателей развития ИО. Как видно из статистических данных, количество интернет-пользователей на каждые 100 человек населения в Азербайджане в течение 8 лет увеличилось в 7 раз (рис.5.4).

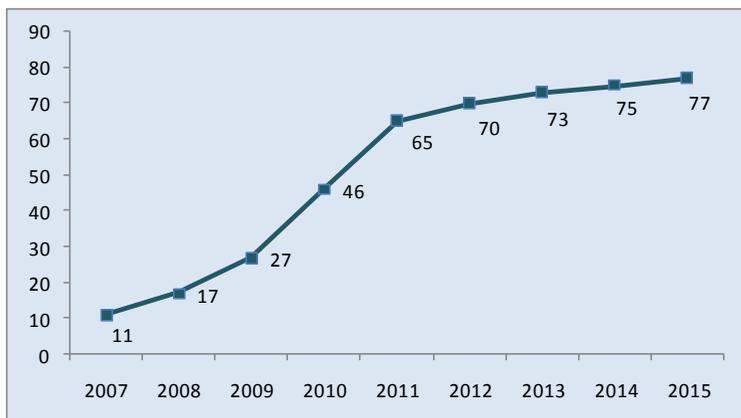


Рис.5.4. Динамика количества интернет-пользователей в Азербайджане. *Источник:* ГКС [12].

Рисунок 5.5 демонстрирует распределение государственных организаций и частных компаний в секторе ИКТ и сегменте ИТ. Как следует из статистических данных, доля частных компаний на рынке ИКТ значительно превосходит долю государственных организаций.

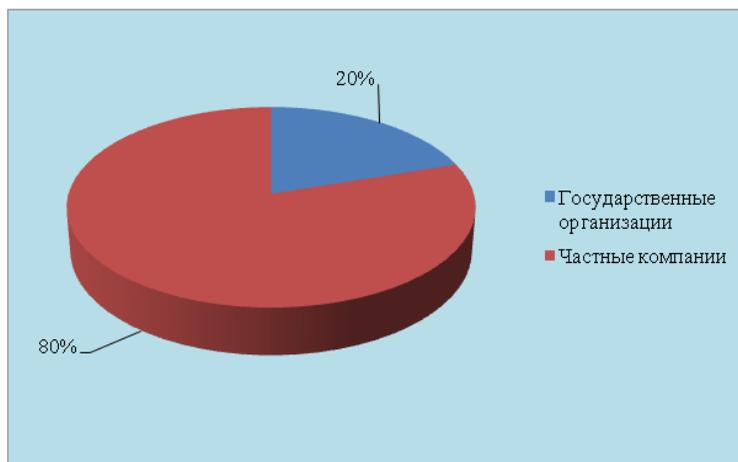


Рис. 5.5. Распределение государственных организаций и частных компаний в секторе ИКТ и сегменте ИТ.

*Источник:* МСВТ [11], ГКС [12].

Таблица 5.4 и рисунок 5.6 отражают динамику общей численности наемных работников, занятых в экономике Азербайджана, и специалистов, занятых в сфере ИКТ. Как следует из рисунка 5.6 и таблицы 5.4, темпы роста численности ИТ-специалистов за рассматриваемый период (2010–2015 гг.) незначительны, а доля ИТ-специалистов, занятых в секторе ИКТ, от общей численности наемных работников в экономике Азербайджана остается почти неизменной. Это противоречит политике информатизации, стимулирования внедрением ИКТ развития ненефтяного сектора экономики, ИО в стране и результатам мониторинга ИТ-сегмента рынка труда.

Таблица 5.4.

Динамика общей численности наемных работников, занятых в экономике Азербайджана, и специалистов, занятых в сфере ИКТ

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Общая численность занятых в экономике, тыс. чел.	4329,1	4375,2	4445,3	4521,2	4602,9	4671,6
Общая численность наемных работников в экономике, тыс. чел.	1382,9	1387,5	1480,7	1514	1519,7	1502,5
Списочная численность работников организаций сектора ИКТ, тыс. чел.	18,3	18,5	19	19,3	19,9	20,1
Доля числ. работ. сект. ИКТ в числ. наемн. работ. по всем отр. экон-ки (%)	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3

Источник: ГКС.



Рис. 5.6. Динамика общей численности наемных работников, занятых в экономике Азербайджана, и специалистов, занятых в сфере ИКТ (тыс. чел.).

Источник: ГКС.

Такая ситуация может быть вызвана рядом причин, основными из которых с нашей точки зрения являются:

**1. Отсутствие существенного расширения сектора ИКТ.** При таком сценарии годовая потребность в ИТ-специалистах практически отстает стабильной, а необходимость в замещении ИТ-персонала того или иного предприятия возникает для восполнения естественно-возрастной убыли (выход на пенсию, болезнь, смерть), ротации вследствие увольнения, карьерного роста, смены места жительства, эмиграции и т.п. Предполагается, что объем спроса на ИТ-специалистов в этом случае может быть удовлетворен за счет выпускников (предложения) ИТ-профильных факультетов учебных заведений. Однако в контексте Азербайджана данный сценарий нетипичен, поскольку политика по развитию сектора ИКТ, поддерживаемая на государственном уровне, направлена на дальнейшее расширение отрасли. Этим вызвана необходимость исследования и выявления реальной ситуации в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана.

**2. Развитие ИО и рост спроса на ИТ-специалистов за счет информатизации и технологического развития других отраслей экономической деятельности.** Поскольку ГКС предоставляет данные о человеческих ресурсах только по сектору ИКТ, то справедливость этого предположения может быть доказана только после расчета численности ИТ-специалистов, работающих в других отраслях национальной экономики. Актуальность этой проблемы, в т.ч. и для Азербайджана, обусловила необходимость проведения соответствующих исследований (глава V).

**3. Сложность получения достоверной информации о состоянии ИТ-сегмента рынка труда.** Отсутствие официальных данных по спросу и предложению на ИТ-специалистов связано с несовершенством методов сбора статистики в этой сфере и с трудностью получения точной информации из-за определенной непрозрачности деятельности ИТ-компаний. Это не позволяет получить

адекватное первичное описание состояния отраслевого рынка труда и оценить степень дисбаланса спроса и предложения в количественном разрезе.

С серьезными трудностями связана также оценка степени качественного дисбаланса, поскольку выявление качественных параметров спроса и предложения, в том числе и в разрезе выявления несоответствий знаний и навыков, предоставляемых системой образования, возможно только лишь на основе данных мониторинга и экспертных методов, дающих субъективную оценку требований работодателей к ИТ-кадрам [217, 218, 220, 241]. В разделе 5.5 приведены некоторые результаты социологических исследований ИТ-сегмента рынка труда в республике, проведенных с участием автора [102], с упором на качественные (компетентностные) аспекты спроса и предложения на ИТ-специалистов в Азербайджане.

В условиях развития виртуальных рынков труда, интернет-рекрутинга одним из источников мониторинга текущего спроса и предложения на ИТ-специалистов становятся открытые интернет-ресурсы, связанные с онлайн-поиском и подбором ИТ-специалистов. Анализ информации, полученной из различных интернет-рекрутинговых ресурсов, способствует получению целостной картины относительно требований спроса к профессиональным профилям и компетенциям ИТ-специалистов. В разделе 5.6 приведены результаты мониторинга спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе анализа четырех специализированных рекрутинговых сайтов, функционирующих в интернет-сегменте Азербайджана.

**4. Отток ИТ-специалистов из ИТ-индустрии.** При оценке человеческих ресурсов ИТ-отрасли одной из серьезных проблем является идентификация ИТ-специалистов, сменивших сферу профессиональной деятельности. Международная практика показывает, что выявление количества ИТ-специалистов, сменивших сферу профессиональной деятельности, а также выбывших по

естественно-возрастным причинам, является достаточно сложной и практически трудно реализуемой задачей [219]. В разделе 5.7 сделана попытка оценить величину оттока ИТ-специалистов из ИТ-сегмента рынка труда.

### ***5. Отсутствие структур, занимающихся исследованием рынка труда ИТ-специалистов и его систематическим мониторингом.***

Мировой опыт исследования спроса и предложения отрасли ИТ показывает, что во многих странах давно действуют специальные структуры (центры, институты), занимающиеся систематическим сбором и анализом качественных и количественных показателей рынка труда ИТ-специалистов. В качестве примеров таких структур можно отметить центры исследований рынка труда в сфере ИТ в Великобритании, Германии, Индии, России и др. [23]. В Азербайджане эту миссию в определенной степени выполняет Институт Информационных Технологий НАНА, где начиная с 2008 года проводятся системные исследования научных, прикладных и практических аспектов управления человеческими ресурсами в сфере ИТ. Согласно заключению, сделанному по результатам исследований [102, 104], в настоящее время национальный рынок труда ИТ-специалистов характеризуется значительным количественным дисбалансом, а также постоянно растущими требованиями к качеству подготовки ИТ-специалистов и содержанию профессий и специальностей. Существует значительный разрыв между вузовским образованием и потребностями рынка в реальных знаниях прикладных информационных и технологических продуктов, обусловленный быстрыми темпами смены технологического контекста. Эти факторы обуславливают несоответствие объема и структуры входящих и исходящих потоков на рынке ИТ-специалистов, что приводит к рассогласованию спроса и предложения на последних как в профессионально-квалификационном, так и в количественном разрезе. В условиях дефицита ИТ-кадров саморегулирование ИТ-рынка

труда не представляется возможным. Поэтому проблема создания эффективной системы управления ИТ-сегментом рынка труда, позволяющая поддержать управленческие решения по согласованию спроса и предложения на ИТ-специалистов и сокращению дисбаланса между ними, является достаточно актуальной.

В последние годы наблюдается стремительный рост макроэкономической значимости ИКТ как катализатора эффективного функционирования не только отдельных сфер человеческой деятельности, но и социально-экономического развития страны в целом. Это, в свою очередь, приводит ко все более расширяющемуся росту потребности в ИТ-специалистах в отраслях национальной экономики и требует применения новых подходов к управлению рынком труда ИТ-специалистов.

На практике управление рынком труда ИТ-специалистов возможно только при реальном представлении состояния последнего. Для этого необходимо исследовать ИТ-сегмент рынка труда в контексте отдельной страны, используя все возможные источники информации, с различных аспектов характеризующие основные параметры данного объекта, что, в свою очередь, предполагает:

1) анализ современного состояния ИТ-сегмента рынка труда с позиций спроса, т.е. обеспеченности человеческими ресурсами;

2) анализ современного состояния рынка ИТ-профильного образования как основного источника предложения ИТ-специалистов;

3) совместное исследование спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда и оценку уровня удовлетворения потребности в ИТ-специалистах системой ИТ-профильного образования.

Полученная информация позволит выявить реальное соотношение спроса и предложения на ИТ-специалистов в Азербайджане, сделать заключения относительно степени сбалансированности ИТ-сегмента рынка труда и ИТ-

профильного образования и выработать обоснованные решения по приведению системы подготовки ИТ-кадров в соответствие с требованиями экономики страны.

### **5.3. Разработка методики оценки общей численности ИТ-специалистов в Азербайджане**

Согласно мировой практике при оценке человеческих ресурсов, занятых в экономике, учитываются два разреза: отраслевой и профессиональный [176, 229]. В контексте ИТ-сегмента рынка труда отраслевой разрез включает всех ИТ-специалистов, работающих только в секторе ИКТ, а также административный и вспомогательный персоналы организаций данной отрасли. С позиций профессионального разреза сегодня ИТ-специалисты работают в любом секторе экономики и при оценке профессионального рынка труда необходимо учитывать их численность по всем ее отраслям. Такой подход, представляющий целостную картину в ИТ-сегменте рынка труда, позволяет более полно и точно оценить потребность в ИТ-специалистах в страновом разрезе и способствует повышению адекватности принимаемых управленческих решений (воздействий) в сфере ИТ-профильного образования.

В настоящее время в большей части информационных источников используется узкое определение профессионального аспекта ИТ-сегмента рынка труда и при оценке человеческих ресурсов подразумеваются ИТ-специалисты, занятые только в ИТ-индустрии. В качестве причин такого обстоятельства можно указать отсутствие: 1) единой классификации и однозначного определения ИТ-профессий и специальностей в различных источниках данных; 2) статистики в разрезе конкретных ИТ-профессий и специальностей; 3) практических методик оценки численности ИТ-специалистов по отраслям экономики. Вышеизложенное актуализирует необходимость решения задачи оценки численности ИТ-специалистов, занятых как в секторе ИКТ, так и в других отраслях экономики

Азербайджана или, как принято в официальной статистике, по ВЭД. На сегодня национальная экономика Азербайджана распределена по 18 видам экономической деятельности.

*Целью исследования*, изложенного в настоящем разделе, является разработка методики оценки общей численности ИТ-специалистов, занятых в экономике Азербайджана.

*Объектом исследования* является рынок труда ИТ-специалистов Азербайджана.

*Предметом исследования* является анализ современного состояния ИТ-сегмента рынка труда Азербайджана с позиций его обеспеченности человеческими ресурсами.

**Исходные данные.** Отсутствие статистических данных по численности работающих, количеству вакансий в разрезе конкретных профессий и специальностей, в том числе и в сфере ИТ, в значительной степени затрудняет анализ тенденций изменения численности и востребованности ИТ-специалистов и не позволяет оценить их количество в разрезе отдельных ВЭД. Также очень мало практических методов определения численности человеческих ресурсов, учитывающих специфику сектора ИКТ и позволяющих рассчитать численность ИТ-специалистов в разрезе страны, т.е. как по видам экономической деятельности, так и по сектору ИКТ. С другой стороны, проведение опроса экспертов позволило бы частично решить проблему недостатка информации.

Вместе с тем ГКС Азербайджанской Республики собирает и обрабатывает большое количество показателей, характеризующих уровень развития ИО и ИКТ в стране [12]. В статистическом сборнике «Информационное общество и информационно-коммуникационные технологии в Азербайджане» содержатся данные об использовании ИКТ домашними хозяйствами и организациями, о наличии в них ИКТ-систем и возможностях выхода в Интернет, а также приведены основные макроэкономические показатели деятельности организаций сектора ИКТ, данные об экспорте

и импорте товаров и услуг и т.п. Хотя ни один из этих показателей напрямую не дает информации о кадровой потребности, однако косвенно эти сведения содержатся в них и, используя экспертные оценки, можно получить количественные данные о востребованности ИТ-специалистов по отраслям экономики.

**Постановка задачи.** Разработать практическую методику расчета численности ИТ-специалистов по видам экономической деятельности и по их совокупности, базирующуюся на экспертно-статистических оценках [113].

**Решение задачи** расчета численности ИТ-специалистов, занятых в отраслях экономики Азербайджана, предполагает последовательную реализацию следующего эвристического алгоритма:

*Этап 1.* Выделить статистические показатели ИКТ, косвенно характеризующие потребность в ИТ-специалистах.

*Этап 2.* Провести экспертную оценку воздействия отобранных показателей на потребность в ИТ-специалистах.

*Этап 3.* С учетом экспертных оценок по сгенерированным сценариям провести расчет численности ИТ-специалистов в разрезе ВЭД (исключая ИТ-специалистов, работающих в секторе ИКТ).

*Этап 4.* Провести расчет численности ИТ-специалистов в секторе ИКТ в соответствии с каждым сценарием и сравнить полученные расчетные данные со статистическими значениями этого показателя. Сценарий, обеспечивающий наименьшее отклонение расчетного значения от статистического, принять в качестве основы для оценки численности ИТ-специалистов по ВЭД.

*Этап 5.* Провести расчеты общей численности ИТ-специалистов в Азербайджане, их доли по сектору ИКТ и по видам экономической деятельности.

## ***Реализация методики оценки численности ИТ-специалистов по видам экономической деятельности***

*Этап 1.* Выбор статистических показателей ИКТ, позволяющих косвенно оценить потребность в ИТ-специалистах.

Данные по ИКТ, собранные, обработанные и представленные органами государственной статистики в форме статистической отчетности, довольно разнообразны. Для определения численности ИТ-специалистов в разрезе ВЭД с учетом форм статистической отчетности [12] отобраны показатели, которые, с нашей точки зрения, косвенно характеризуют потребность в ИТ-специалистах и могут использоваться для расчета их количества (Приложения П.5.1-П.5.6):

1.  $N_1$  – число организаций, использовавших компьютеры (рис.5.7, П.5.1).
2.  $N_2$  – число организаций, имеющих выход в Интернет (рис.5,7, П.5.2).
3.  $N_3$  – число организаций, имеющих Web-сайты (рис. 5.7).
4.  $R_1$  – распределение организаций, использовавших ИКТ, по численности работников (П.5.3).
5.  $R_2$  – распределение организаций, имеющих выход в Интернет, по численности работников (П.5.4).
6.  $U_1$  – удельный вес организаций, имеющих ИКТ-инфраструктуру (% от числа всех обследованных организаций данного вида деятельности) (Таблица 5.5).
7.  $U_2$  – удельный вес организаций, использовавших компьютеры (% от числа всех функционирующих организаций страны) (П.5.5).
8.  $U_3$  – удельный вес организаций, использовавших различные типы сетей (беспроводные и проводные сети LAN, Intranet, Extranet) (П.5.6).

9.  $P_1$  – численность работников, использующих компьютеры (рис.5.8).
10.  $P_2$  – численность работников, использующих компьютеры и имеющих выход в Интернет (рис.5.8).

Множество показателей является открытым и при наличии более полных сведений может быть дополнено. Рис.5.7, рис. 5.8 и табл. 5.5 демонстрируют статистические данные по ИКТ-инфраструктуре организаций в разрезе ВЭД.

В приложениях П.5.4, П.5.5 приведено распределение организаций, имеющих ИКТ-инфраструктуру, по численности занятых. При этом выделены ряд интервальных группировок, границы которых отражают минимальное и максимальное число работников в организации. Так, организации в зависимости от численности работников имеют следующее распределение:



Рис.5.7. Число организаций, имеющих ИКТ-инфраструктуру. *Источник: ГКС [12].*

Таблица 5.5.

Удельный вес организаций, имеющих  
ИКТ-инфраструктуру

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Удельный вес организаций, использовавших:						
локальную вычислительную сеть	0,0	0,0	0,0	70,9	72,1	72,2
Интернет	58,9	62,9	71,6	72,6	78,1	80,3
Инtranет	0,0	0,0	0,0	27,4	22,4	22,2
Экстранет	0,0	0,0	0,0	1,7	5,5	5,6
Организации, имевшие Web Site, Web Page	0,0	0,0	0,0	23,4	22,8	22,0



Рис. 5.8. Численность работников, использовавших компьютеры и имеющих выход в Интернет

1) 1–4 работника; 2) 5–9 работников; 3) 10–49 работников; 4) 50–249 работников; 5) 250 и более работников. Это позволяет в зависимости от численности работников классифицировать организации по размеру и их

количеству на микропредприятия ( $n_{\text{микро}}$ ) с численностью работников 1–4 человека; мини-предприятия ( $n_{\text{мини}}$ ) с численностью работников 5–9 человек; малые предприятия с численностью работников 10–49 человек ( $n_{\text{малые}}$ ); средние предприятия ( $n_{\text{средние}}$ ) с численностью работников 50–249 человек; крупные предприятия ( $n_{\text{крупные}}$ ) с численностью работников 250 и более.

Нами разработана концептуальная схема формирования количественной потребности в ИТ-специалистах на уровне страны в зависимости от ВЭД, количества организаций по каждому ВЭД и их масштабу, которая приведена на рисунке 5.9. Как видно из схемы, в целом национальная экономика страны представлена совокупностью различных секторов. При наличии данных по количеству предприятий различного размера в момент времени  $t$ , имеющих ИТ-инфраструктуру, можно определить их общее количество по всем ВЭД.

Пусть  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\} = \{A_i, i = \overline{1, m}; m = 18\}$  – множество ВЭД, тогда общее количество предприятий различного размера по всем ВЭД рассчитывается следующим образом:

$$N(t)_{\text{ВЭД}} = \sum_{i=1}^m (n(t)_{\text{микро}} + n(t)_{\text{мини}} + n(t)_{\text{малые}} + n(t)_{\text{средние}} + n(t)_{\text{крупные}}), \quad (5.1)$$

где  $\{A_i, i = \overline{1, m}; m = 18\}$  соответствует последовательности ВЭД, принятой в [12].

Методика формирования количественной потребности в ИТ-специалистах в соответствии с концептуальной схемой базируется на статистических данных о количестве организаций по каждому ВЭД, использующих различные ИКТ-инструменты и сервисы; интервалу количественной вариации численности работников в организациях, определяющих размер последних. Отсутствие статистических данных о количестве работающих в разрезе конкретных профессий и специальностей, в том числе и по сектору ИКТ, обуславливает

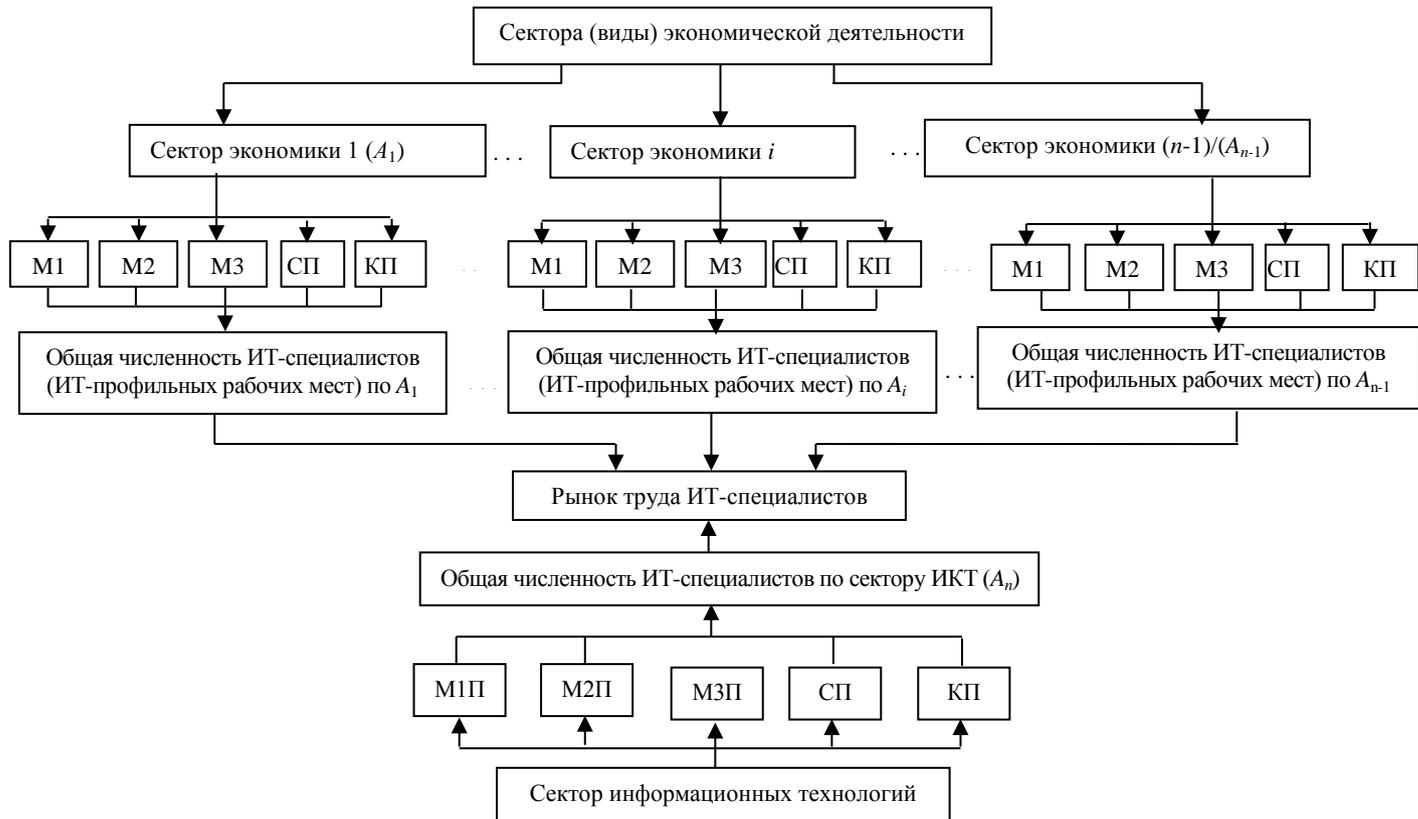


Рис.5.9. Концептуальная схема формирования количественной потребности в ИТ-специалистах. *Источник:* разработано автором.

Условные обозначения: М1П – количество микропредприятий с численностью работников 1-4 человек; М2П – количество мини-предприятий с численностью работников 5-9 человек; М3П – количество малых предприятий с численностью работников 10-49 человек; СП – количество средних предприятий с численностью работников 50-249 человек; КП – количество крупных предприятий с численностью работников 250 и более.

необходимость в экспертной оценке востребованности ИТ-специалистов по ВЭД.

*Этап 2.* Проведение экспертной оценки воздействия отобранных показателей на потребность в ИТ-специалистах и оценки потребности в ИТ-специалистах.

Для реализации этой стадии задачи исследования, базируясь на целевую статистику, проведен экспертный опрос, направленный на выявление потребности в ИТ-специалистах в зависимости от размера и ИКТ-инфраструктуры предприятия (П.5.7). В качестве экспертов были привлечены высококвалифицированные специалисты Института Информационных Технологий НАНА, научная и профессиональная компетенции которых позволили получить представление о потребности в ИТ-специалистах, исходя из предложенных данных. Так, экспертам предлагалось ответить на вопрос о количественной востребованности ИТ-специалистов в организации в зависимости от ее размера (числа занятых) и от типа обслуживаемой ИКТ-инфраструктуры. Поскольку значения численности занятых в организациях различного размера варьируют в определенных пределах, т.е. заданы в виде интервальных шкал закрытого типа, то, естественно, экспертные оценки также сформированы в виде интервальных шкал с заданием нижней (минимальной) и верхней (максимальной) границ потребности в ИТ-специалистах. В таблице 5.6 приведены результаты экспертной оценки.

*Этап 3.* С учетом экспертных оценок проведение расчета численности ИТ-специалистов (по трем сценариям) в разрезе ВЭД, включая и сектор ИКТ.

Экспертная оценка позволила по каждому виду экономической деятельности с использованием статистических данных о количестве организаций, использующих ИКТ-инфраструктуру, группировке сотрудников по численности занятых и интервала вариации числа требующихся в них ИТ-специалистов составить три сценария, соответствующие минимальному, среднему и максимальному

значениям интервальной шкалы, отражающей потребности организаций в ИТ-специалистах.

Таблица 5.6.

Определение количественной потребности в ИТ-специалистах в зависимости от типа обслуживаемой ИКТ-инфраструктуры организации и числа занятых – результаты экспертной оценки

Число занятых в организации	1-4	5-9	10-49	50-249	250-499	Более 500
Тип сети	<b>Фрилан-серы</b>	<b>Фрилан-серы</b>				
Проводная LAN						
Беспроводная LAN						
Интернет						
Intranet						
Ekstranet						
<b>Необх. количество ИТ-специалистов</b>			<b>1÷3</b>	<b>3÷10</b>	<b>10÷20</b>	<b>более 20</b>

В таблице 5.7 представлена динамика числа микро- (1–4 работника) и мини- (5–9 работников) организаций по ВЭД за период 2011–2015 гг., рассчитанная по формуле:

$$N(t)_{ВЭД}^{мв12} = \sum_{i=1}^m (n(t)_{i\text{микро}} + n(t)_{i\text{мини}}).$$

Следует отметить, что в официальной статистике типична ситуация, когда моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_T$ , в которые производится регистрация значений анализируемых параметров, являются равноотстоящими, т.е.  $t_T - t_{T-1} = \Delta t$ . Поэтому для удобства вместо  $t_1, t_2, \dots, t_T$  мы принимаем  $t = 1, 2, \dots, T$ .

Таблица 5.7.

## Динамика организаций по ВЭД, использовавших ИКТ и имеющих 1–4 и 5–9 работников (2011–2015 гг.)

№	Годы	Число орг., имеющих 1–4 работника (микроорганизации)	Число орг., имеющих 5–9 работников (мини-организации)
1.	2011	2487	1676
2.	2012	2603	1737
3.	2013	2668	1799
4.	2014	2994	1875
5.	2015	3064	1914

*Источник:* ГКС [12].

Как следует из рассуждений экспертов и их оценки, микро- и миниорганизации, пользующиеся ИКТ, вряд ли могут иметь в своем составе штатных ИТ-специалистов. Данный факт подтверждают и результаты мониторинга рынка труда ИТ-специалистов [104], согласно которым эти организации обслуживаются в основном фрилансерами, а также компаниями, оказывающими ИТ-услуги. Поэтому в настоящей работе принято, что микро- и миниорганизации пользуются услугами фрилансеров.

Рассмотрим категорию малых организаций, в которых численность ИТ-специалистов варьируется в пределах [10–49]. Согласно экспертной оценке, в зависимости от близости реальной численности работников малых организаций к нижней или верхней границам интервала, для их обслуживания требуются (1–3) ИТ-специалиста. В данном случае оценки рассматриваемого параметра даны экспертами в виде интервалов, что представляется для поставленной задачи более естественным типом оценивания. Такой тип оценки сочетает в себе количественный и качественный подходы. В соответствии с этим исследуемый интервал методом группировки также был разделен на ряд отрезков, отражающих различное количество работников в организациях, имеющих ИКТ-инфраструктуру. Величина равных интервалов опре-

деляется по формуле:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n}, \quad (5.2)$$

где  $i$  – величина интервала варьирования численности работников,  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$  – нижняя и верхняя границы интервала варьирования численности работников); ( $n=2, 3, \dots$ ) – число отрезков.

Эта процедура позволила с учетом интервальных экспертных оценок сгенерировать различные сценарии расчета ИТ-специалистов в малых, средних и крупных организациях в соответствии с нечеткими логическими правилами, имеющими следующий вид:

$$\begin{aligned} R_1: & \text{ If } X_{\min} \leq x_1 < X_1 \text{ then } y_1=B_1 \\ R_2: & \text{ If } X_1 \leq x_2 < X_2 \text{ then } y_2=B_2 \\ & \dots\dots\dots \\ R_n: & \text{ If } X_{n-1} \leq x_n \leq X_{\max} \text{ then } y_n=B_n. \end{aligned}$$

В работе расчеты численности ИТ-специалистов в отраслевых организациях проведены по трем сценариям. Продемонстрируем последовательность расчета на примере малых организаций, в которых численность ИТ-специалистов меняется в пределах [10–49]. Для данного типа организаций в формуле (5.2) принимаем  $n=3$  и имеем отрезки: [10–23), [23–36), [36–49]. В данном случае правила принимают следующий вид: if  $10 \leq x_1 < 23$  then  $y_1=1$ ; if  $23 \leq x_2 < 36$  then  $y_2=2$ ; if  $36 \leq x_3 \leq 49$  then  $y_3=3$ .

При этом число малых организаций по всем ВЭД  $A=\{A_i, i=1, m; m=18\}$  в момент времени  $t$  определено по формуле:

$$N(t)_{\text{ВЭД}}^{\text{мп3}} = \sum_{i=1}^m (n(t)_{\text{малые}} + n(t)_{\text{средние}} + n(t)_{\text{крупные}}).$$

В таблице 5.8 приведены результаты расчетов численности ИТ-специалистов в малых организациях по ВЭД за период 2011–2015 годов, имеющих ИКТ-инфраструктуру, количество занятых в которых варьируется в пределах [10–49].

Таблица 5.8.

Численность ИТ-специалистов в отраслевых организациях, имеющих ИКТ-инфраструктуру, с численностью работников 10–49 (2011–2015 гг.)

Годы	Число орг-й	Сцен.1: ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.	Сцен.2: 2 ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.	Сцен.3: 3 ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.
2011	3672	3672	7344	11016
2012	3758	3758	7516	11274
2013	3848	3848	7696	11544
2014	4075	4075	8150	12225
2015	4091	4091	8182	12273

*Источник:* рассчитано автором.

В таблице 5.9 отражены данные по численности ИТ-специалистов в организациях ВЭД за период 2011–2015 гг., использующих ИКТ, количество работников в которых входит в интервал 50–249. В соответствии с принятой классификацией это организации, относящиеся к категории средних. Следует отметить, что размах вариации (разность между максимальным и минимальным значениями границ интервала) для средних организаций довольно большой, что нашло свое отражение в оценках экспертов. Так, в соответствии с экспертными оценками для обслуживания ИКТ-инфраструктуры организаций среднего размера требуются 3–10 ИТ-специалиста.

Аналогичным образом по трем сценариям проводится расчет ИТ-специалистов в средних организациях. В таблице 5.10 приведены данные по численности ИТ-специалистов в организациях ВЭД за период 2011–2015 гг., использующих ИКТ, в которых число работников 250 и более человек.

Таблица 5.9.

Численность ИТ-специалистов в отраслевых организациях,  
имеющих ИКТ-инфраструктуру, с численностью  
работников **50–249** (2011–2015 гг.)

Годы	Число орг-й	Сцен.1: ЗИТ-спец. Числ. ИТ-спец.	Сцен.2: 7ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.	Сцен.3: 10ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.
2011	1845	5535	12915	18450
2012	2168	6504	15176	21680
2013	2501	7503	15256 (6 ИТ-спец.)*	22509(9 ИТ-спец.)*
2014	2185	6555	15295	21850
2015	2222	6666	15554	22220

*Источник:* рассчитано автором.

Таблица 5.10.

Численность ИТ-специалистов в отраслевых организациях,  
имеющих ИКТ-инфраструктуру, с численностью  
работников **250 и более** (2011–2015 гг.)

Годы	Число орг-й	Сцен.1: 10 ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.	Сцен.2: 15 ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.	Сцен.3: 20 ИТ-спец. Числ. ИТ-спец.
2011	541	5410	8115	10820
2012	560	5600	8400	11200
2013	710	7100	10650	14200
2014	770	7700	11550	15400
2015	809	8090	12135	16180

*Источник:* рассчитано автором.

---

\* 2013 год был объявлен Годом ИКТ, что способствовало проведению активных мероприятий по внедрению ИКТ в различные отрасли экономической деятельности. Как следует из статистики, в 2013 году наблюдается резкое увеличение числа средних предприятий, а в 2014 году почти такое же количество предприятий исчезает. Для определенной компенсации кратковременного роста спроса на ИТ-специалистов во втором и третьем сценариях число востребованных ИТ-специалистов принято на одного человека меньше.

В соответствии с принятой классификацией эти организации относятся к категории крупных. Поскольку для данного типа организаций верхняя граница интервала остается открытой, т.е. статистика отсутствует, то сложно судить о размахе вариации. Нами сделана экспертная оценка возможного количества организаций, численность которых меняется в интервале 250–500. С этой целью использованы удельные веса крупных организаций, имеющих достаточно развитую ИТ-инфраструктуру, а также распределение предприятий и организаций, зарегистрированных в Государственном регистре статистических единиц, по численности работников. Анализ этих данных позволил выявить, что количество предприятий с численностью работников 250–500 и более составляет примерно 11–15% от общего числа крупных предприятий. Для обслуживания ИКТ-инфраструктуры крупных организаций согласно оценке экспертов требуются 10–20 ИТ-специалистов. Исходя из этого, аналогичным образом по трем сценариям проведен расчет ИТ-специалистов в крупных организациях. Используя результаты расчетов численности ИТ-специалистов по организациям различного размера (таблицы 5.8–5.10), найдем общую численность ИТ-специалистов по ВЭД на основе 3 сценариев по формуле:

$$P^j(t)_{\text{ВЭД}} = P^j(t)_{\text{малые}} + P^j(t)_{\text{средние}} + P^j(t)_{\text{крупные}}, \text{ где } 2011 \leq t \leq 2015; \\ j = 1, 3 - \text{сценарии.}$$

В таблице 5.11 приведена общая численность ИТ-специалистов, занятых в течение 2011–2015 годов в отраслях экономики, за исключением работающих в сфере ИКТ.

*Этап 4.* Проведение расчета численности ИТ-специалистов в секторе ИКТ в соответствии с каждым сценарием и сравнение полученных расчетных данных со статистическими значениями этого показателя. Сценарий, обеспечивающий наименьшее отклонение расчетного значения от статистического, принять в качестве основы для оценки численности ИТ-специалистов по ВЭД.

Таблица 5.11.

Общая численность ИТ-специалистов, занятых в отраслях экономики, исключая работающих в сфере ИКТ (2011–2015 гг.)

Годы	I вариант	II вариант	III вариант
2011	14617	28374	40286
2012	15862	31092	44154
2013	18451	33602	48253
2014	18330	34995	49475
2015	18847	35871	50673

*Источник:* рассчитано автором.

Для обеспечения сопоставимости данных, отражающих число занятых как на предприятиях сектора ИКТ, так и в отраслях экономики, по запросу в ГКС были получены официальные статистические данные по количеству предприятий сектора ИКТ и их распределению по численности работников и, соответственно, по размеру предприятия (табл.5.12).

Динамика организаций сектора ИКТ и их численного состава показывает значительное расширение сектора ИКТ в течение 5 лет, причем объем отрасли растет в основном за счет негосударственных организаций, т.е. развития частного предпринимательства в этой сфере. Явно прослеживаются также темпы высокого роста микро-организаций, в которых заняты 4 и менее человек. Число этой категории за 5 лет выросло в два раза, причем из 264 микроорганизаций в 2015 году всего лишь 2 организации являются государственными. Можно предположить, что значительная часть организаций данной категории приходится на долю индивидуальных предпринимателей (физических лиц), что подтверждается данными Министерства налогов. Еще одной категорией организаций сектора ИКТ, демонстрирующей тенденции роста (приблизительно 20%), являются средние предприятия.

Таблица 5.12.

Общее число предприятий сектора ИКТ и их распределение  
по численности занятых (2011–2015 гг.)

Распределение общего числа предприятий сектора ИКТ по численности занятых	2011	2012	2013	2014	<b>2015</b>	Распределение предприятий сектора ИКТ по форме собственности, <b>2015 г.</b>	
						Государственные	Негосударственные
Общее число предприятий по сектору ИКТ	346	384	422	493	<b>528</b>	100	428
Число предприятий с численностью занятых 1–4	127	150	168	221	<b>264</b>	2	262
Число предприятий с численностью занятых 5–9	46	61	70	69	<b>67</b>	5	62
Число предприятий с численностью занятых 10–49	81	79	88	106	<b>105</b>	23	82
Число предприятий с численностью занятых 50–249	77	79	81	82	<b>78</b>	59	19
Число предприятий с численностью занятых 250 и более	15	15	15	15	<b>14</b>	11	3

*Источник: ГКС.*

Крупные организации, в которых 250 и сотрудников, составляют только 2,6%, причем в этой категории организаций преобладает количество государственных, т.е. из 14 крупных организаций в 2015 году всего лишь 3 организации являются частными. Это можно объяснить приоритетами государства, которое поддерживает организации, непосредственно реализующие государственную политику по информатизации страны.

Используя данные таблицы 5.12 и экспертные оценки, по трем сценариям проведены расчеты численности ИТ-специалистов. Следует отметить принципиальное отличие на данном этапе как постановки задачи оценки численности ИТ-специалистов, так и составления сценариев. Так, определение потребности в ИТ-кадрах по отраслям экономики базируется на экспертной оценке числа ИТ-специалистов в организациях ВЭД, которые должны обслуживать ИТ-инфраструктуру организации. В этом случае количество ИТ-специалистов, занятых в организациях ВЭД, неизвестно. Поэтому для выявления потребности в ИТ-специалистах со стороны отраслевых организаций используются косвенные показатели, экспертные оценки и сценарии. Что же касается численности ИТ-специалистов в секторе ИКТ, то ГКС предоставляет информацию относительно списочной численности работников организаций сектора ИКТ (табл.5.13). При этом наличие данных о численности работников сектора ИКТ, занятых как по профилю основной деятельности (ИТ-специалисты), так и не по профилю основной деятельности, позволяет также рассчитать удельный вес работающих не по профилю основной деятельности.

Таблица 5.13.

Списочная численность работников организаций  
сектора ИКТ, чел. (2015 г.)

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Спис. числ. работников орган. сектора ИКТ, чел.:</b>	<b>18000</b>	<b>18300</b>	<b>18500</b>	<b>19300</b>	<b>19900</b>	<b>20100</b>
по профилю основной деятельности	17932	18231	18430	19217	19824	20021
не по профилю основной деятельности	68	69	70	73	76	78
Удельный вес работников не по профилю в общей числ. работников организаций ИКТ-сектора, %	0,0038	0,0038	0,0039	0,0039	0,0038	0,0038

*Источник:* ГКС.

Постановка задачи заключается в том, чтобы получить также расчетные данные по численности ИТ-специалистов в секторе ИКТ, используя при этом те же интервалы варьирования числа работников в организации. Еще одно различие в том, что в данном случае при формировании сценариев учитывается только интервал изменения числа работников, причем почти все работники сектора заняты по профилю основной деятельности. Согласно данным таблицы 5.13, численность занятых не по профилю основной деятельности в секторе ИКТ довольно мала (примерно 0,004%), поэтому данным показателем можно пренебречь. Рассчитанные по трем сценариям значения численности ИТ-специалистов в секторе ИКТ (табл.5.14) показывают, что наименьшее отклонение от статистического значения обеспечивает сценарий 2. Поэтому для оценки численности ИТ-специалистов по ВЭД также в качестве базового принимается сценарий 2.

Таблица 5.14.

Расчетная численность ИТ-специалистов в организациях сектора ИКТ, имеющих различное количество занятых (2015 г.)

Число орг-й сект. ИКТ	Интервал вариации занятых	Сцен.1: число занятых в орг-и	Сцен.1: общее число занятых	Сцен.2: число занятых в орг-и	Сцен.2: общее число занятых	Сцен.3: число занятых в орг-и	Сцен.3: общее число занятых
264	1–4	1 ИТ-спец.	264	3ИТ-спец.	792	4 ИТ-спец.	1056
67	5–9	5 ИТ-спец.	335	7 ИТ-спец.	481	9 ИТ-спец.	603
105	10–49	10 ИТ-спец.	1050	25 ИТ-спец.	2625	49 ИТ-спец.	5145
78	50–249	50 ИТ-спец.	3900	124 ИТ-спец.	9672	249 ИТ-спец.	19422
14	250 и более	250 ИТ-спец.	3500	470 ИТ-спец.	6580	600 ИТ-спец.	8400
<b>Всего числ. ИТ-специалистов</b>			<b>9049</b>		<b>20150</b>		<b>34626</b>

*Источник:* рассчитано автором.

*Этап 5.* Расчет общей численности ИТ-специалистов в Азербайджане, их доли по сектору ИКТ и по видам экономической деятельности.

На этом этапе с учетом концептуальной схемы (рис.5.9) прежде всего необходимо определить общую численность ИТ-специалистов, занятых в экономике страны. Для расчета этого показателя учитываются: общая численность ИТ-специалистов, занятых в отраслях экономики, рассчитанная по сценарию 2 (таблица 5.11), численность ИТ-специалистов в секторе ИКТ (таблица 5.13). Базируясь на результатах указанных таблиц, по

формулам  $P(t)_{ВЭД} = \sum_{i=1}^{m-1} P(t)_{ВЭД}^i + P(t)_{ИКТ}$ , где  $2011 \leq t \leq 2015$ ;

$A = \{A_i, i = \overline{1, m-1}; m = 18\}$  – количество ВЭД, проведен расчет общей численности ИТ-специалистов, занятых в отраслях экономики (исключая сектор ИКТ) и в секторе ИКТ. Это позволило по формуле

$$d(t)_{ИКТ} = \frac{P(t)_{ИКТ}}{P(t)_{ВЭД}} \times 100$$

определить долю ИТ-специалистов по сектору ИКТ и, соответственно, в остальных отраслях экономики. В таблице 5.15 приведено распределение общей численности ИТ-специалистов, занятых в экономике страны ( $P(t)_{ВЭД}$ ), по сектору ИКТ ( $P(t)_{ИКТ}$ ;  $d(t)_{ИКТ}$ ) и другим видам экономической деятельности ( $\sum_{i=1}^{m-1} P(t)_{ВЭД}^i$ ;  $d(t)_{ВЭД}$ ).

Таблица 5.15.

Общая численность ИТ-специалистов, занятых в экономике Азербайджана, и ее распределение по сектору ИКТ и другим видам экономической деятельности

Годы	$P(t)_{ИКТ}$	$\sum_{i=1}^{m-1} P(t)_{ВЭД}^i$	$P(t)_{ВЭД}$	Удельный вес ИТ-спец. в секторе ИКТ, % - $d(t)_{ИКТ}$	Удельный вес ИТ-спец. по ВЭД, % - $d(t)_{ВЭД}$
2009	18000	27856	45856	39,2	60,8
2011	18300	28374	46674	36,9	63,1
2012	18500	31092	49592	37,3	62,7
2013	19300	33602	52902	36,4	63,6
2014	19900	34995	54895	36,2	63,8
2015	20100	35871	55971	35,9	64,1

*Источник:* рассчитано автором.

Значение общей численности ИТ-специалистов, занятых в экономике Азербайджана, и его долевое распределение по сектору ИКТ и другим ВЭД ежегодно за период 2009–2015 гг. показывают, что большая часть ИТ-специалистов работает вне сектора ИКТ. Это свидетельствует о том, что в республике ИТ-специалисты в основном «поглощаются» остальными отраслями экономики, т.е. расширение рынка ИТ-специалистов происходит в основном за счет других ВЭД. Формирование основного спроса на ИТ-специалистов в отраслях экономики является логическим

результатом политики государственной поддержки сектора ИКТ в Азербайджане и превращения последнего в катализатор развития инновационно-ориентированной экономики и ИО в стране. Следует ожидать, что реализация амбициозных планов по информатизации различных сфер человеческой деятельности в республике в соответствии с принятыми политическими документами [2, 3, 9] будет способствовать дальнейшему изменению полученного процентного соотношения численности ИТ-специалистов в пользу отраслей национальной экономики.

Возможность адекватной оценки потребности ИТ-специалистов в страновом разрезе будет способствовать принятию более обоснованных управленческих решений по приведению системы подготовки ИТ-кадров в соответствие с требованиями национальной экономики.

#### **5.4. Разработка методики анализа ИТ-профильного образования и согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов**

Взаимодействие ИТ-сегмента рынка труда и рынка ИТ-профильного образования определяет социальный заказ на качество и количество образовательных услуг по подготовке ИТ-специалистов. Особенность рынка образования, являющегося одной из важнейших подсистем социальной сферы, заключается в том, что именно эта область деятельности обеспечивает процесс формирования человеческого капитала посредством получения и улучшения качества знаний и навыков. Для того чтобы выяснить, насколько быстро меняющиеся потребности рынка труда ИТ-специалистов в контексте отдельно взятой страны удовлетворяются рынком образования, необходимо, прежде всего, провести анализ состояния рынка ИТ-профильного образования и выявить динамику количества выпускников по профилю ИТ.

## *Анализ состояния ИТ-профильного образования в Азербайджане*

Выпускники ИТ-профильных специализаций являются основным источником предложения ИТ-специалистов, поэтому полученная информация позволит оценить соотношение спроса и предложения на ИТ-специалистов, сделать заключения относительно степени сбалансированности ИТ-сегмента рынка труда и системы ИТ-профильного образования и выработать обоснованные решения по приведению системы подготовки ИТ-кадров в соответствие с требованиями рынка труда.

На сегодня универсальные практические методики количественной оценки спроса и предложения на рынке труда, в том числе и в его ИТ-сегменте, отсутствуют. Основной причиной этого является «привязка» методик исследования рынка труда к контексту страны, который определяется уровнем развития экономики, системы образования, человеческих ресурсов, спецификой информационного и правового окружения и т.п. Поэтому при наличии нужной информации необходима адаптация существующих подходов и методов количественной оценки спроса и предложения на рынке труда. В противном случае требуется разработка новых подходов и методик.

В настоящем разделе предложена авторская методика анализа ИТ-профильного образования и уровня соответствия (согласованности) спроса и предложения на ИТ-специалистов в Азербайджане.

*Целью исследования*, проведенного в настоящем разделе, является разработка метода количественной оценки рынка предложения ИТ-специалистов в Азербайджане.

*Объектом исследования* является рынок труда ИТ-специалистов Азербайджана.

*Предметом исследования* является анализ современного состояния ИТ-профильного образования

Азербайджана как основного источника предложения ИТ-специалистов.

Согласно данным ГКС Азербайджана, на сегодня в стране функционируют 54 вуза (рис.5.10). По результатам исследования, проведенного Всемирным банком, обучение по ИКТ-специальностям ведется в среднем в 27 вузах страны и ежегодно примерно 2680 студентов становятся выпускниками [9]. Это означает, что половина вузов республики готовит специалистов в области ИКТ. Однако приведенные в [9] данные не позволяют установить временной горизонт исследования, а показатель средней численности ежегодного выпуска ИТ-специалистов не дает возможности проследить динамику прироста ИТ-кадров, и соответственно, предложения, с одной стороны, и выявить их распределение по группам ИТ-специализаций – с другой. Следует также отметить, что официальная статистика не располагает данными об общем количестве приема и выпуска студентов в разрезе конкретных ИТ-профессий и специальностей, в т.ч. и по группе ИТ-специализаций, так же как и аналогичной информацией в разрезе отдельных вузов.

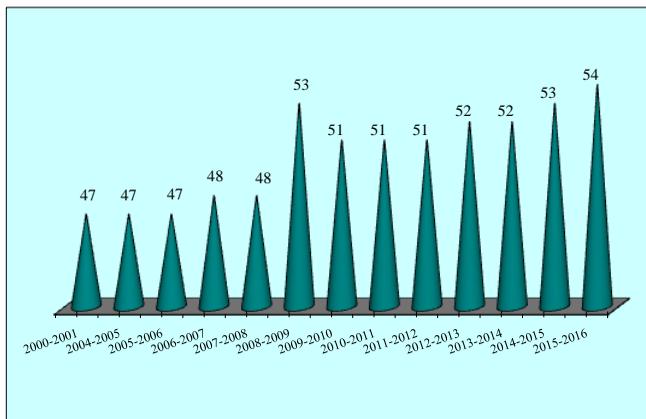


Рис.5.10. Динамика числа государственных и негосударственных вузов Азербайджана (на начало учебного года).

*Источник:* ГКС.

*Исходные данные.* ГКС предоставляет данные по численности приема и выпуска в вузы в разрезе укрупненных групп специальностей в рамках программ бакалавриата и магистратуры. С учетом того, что основным источником потенциальных кандидатов, компенсирующих дефицит ИТ-специалистов, являются представители естественнонаучных и технико-технологических специальностей, на базе статистики [7] построена динамика распределения общей численности обучающихся студентов, общей численности студентов, обучающихся по группам естественнонаучных и технико-технологических специальностей в течение 2010-2011/2015-2016 гг. (рис.5.11).

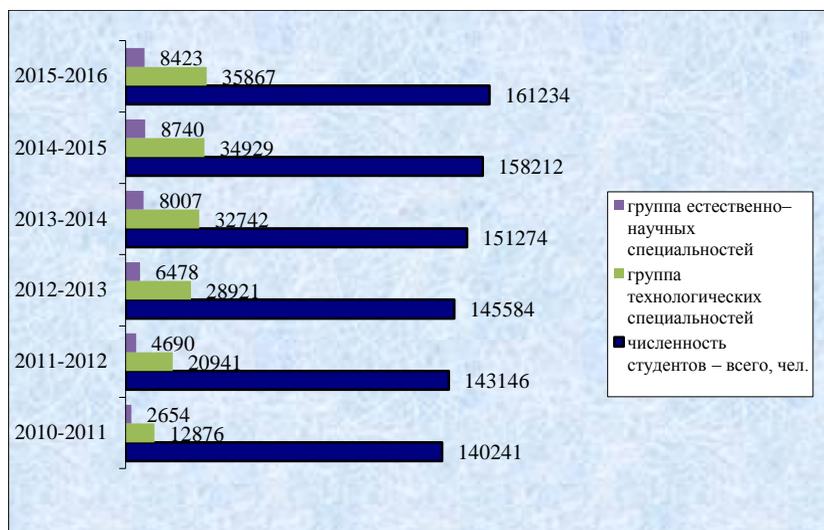


Рис.5.11. Динамика численности студентов, обучающихся в вузах по программам бакалавриата и магистратуры.

*Источник:* [7].

Государственным комитетом по приему студентов (ГКПС) по запросу предоставлена статистика по приему студентов на ИТ-специальности (по всем вузам страны). Рисунок 5.12 отражает динамику приема студентов на ИТ-специальности за период 2004-2005/2014-2015 гг. График

наглядно демонстрирует значительный рост приема студентов на ИТ-специальности.

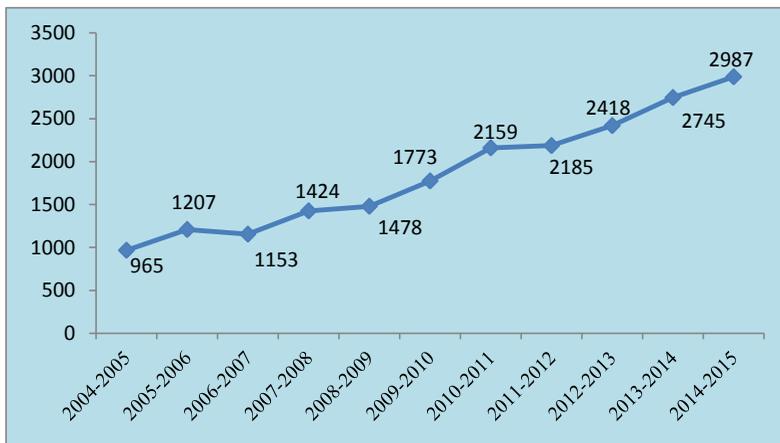


Рис.5.12. Динамика приема студентов по ИТ-специальностям.

*Источник:* ГКПС.

Так, если в 2004/2005 учебном году было принято всего 965 человек, то в 2014/2015 численность принятых достигла 2987, т.е. в течение 10 лет прием ИТ-специалистов увеличился в 3 раза. Однако статистические данные по выпуску ИТ-специалистов отсутствуют, что не дает возможности напрямую оценить объем предложения последних.

Поскольку распределение приема студентов по группам специальностей, в т.ч. по группам естественно-научных и технико-технологических специальностей, введено в разряд статистических показателей с 2010 года, а выпуска студентов – с 2013 года, то горизонты их изменения несравнимы с горизонтом изменения динамики ИТ-специальностей. Для обеспечения совместимости показателей ниже построена совместная динамика общего приема студентов по программе бакалавриата и по группам ИТ-специальностей (рис.5.13).



Рис.5.13. Динамика численности студентов, поступивших в вузы по программам бакалавриата и по группе ИТ-специальностей.

Источник: ГКС, ГКПС.

**Постановка задачи.** Разработать эвристический метод количественной оценки рынка предложения ИТ-специалистов [114].

**Решение задачи.** Суть метода заключается в разработке техники (эвристического алгоритма) приобретения информации, которая в совокупности с исходными данными позволит количественно оценить рынок предложения ИТ-специалистов. Алгоритм предполагает последовательную реализацию следующих этапов:

**Этап 1.** Определить динамику численности выпуска ИТ-специалистов как основного показателя, характеризующего предложение ИТ-кадров системой ИТ-профильного образования.

**Этап 2.** Выявить основные показатели, формирующие исходящий поток предложения ИТ-специалистов, и выделить

те из них, которые являются более стабильными, многочисленными и информационно поддержанными.

*Этап 3.* Провести расчет показателей, формирующих потребность в обязательном замещении ИТ-кадров, выбывших из отраслей экономики.

*Этап 4.* Провести анализ соотношения спроса и предложения на ИТ-специалистов и оценку уровня дисбаланса между ними.

### ***Реализация метода оценки количественных характеристик рынка предложения ИТ-специалистов***

*Этап 1.* Определение динамики численности выпуска ИТ-специалистов как показателя, характеризующего предложение ИТ-специалистов системой ИТ-профильного образования.

Как отмечено выше, на сегодня статистическая информация по выпуску ИТ-специалистов отсутствует, однако в наличии имеются данные по их приему. Для получения информации по показателю «выпуск ИТ-специалистов» нами предложено воспользоваться данными по приему ИТ-специалистов. Техника приобретения нужной информации заключается в предположении о том, что студенты, поступившие в вуз в год  $t$ , через  $(t+4)$  года с определенным процентом отсева станут выпускниками. Для расчета масштаба отсева на основе данных ГКС проведен сравнительный анализ выпуска студентов в год  $t$  и их приема в год  $(t-4)$ , т.е. четыре года назад. По формуле

$$\delta(t) = \frac{N(t-4)_{\text{прием}} - N(t)_{\text{выпуск}}}{N(t-4)_{\text{прием}}} \times 100 ,$$

где  $N(t)_{\text{выпуск}}$  – выпуск студентов в год  $t$ ;  $N(t-4)_{\text{прием}}$  – прием студентов в год  $(t-4)$ ,  $2008 \leq t \leq 2015$ , рассчитан процент отсева, который составил 3–5% в год. С учетом значения отсева студентов сделан расчет примерной численности выпускников по группе ИТ-специальностей, результаты которого представлены в таблице 5.16.

Таблица 5.16.

Динамика общей численности выпускников бакалавриата  
и выпускников вузов по группе ИТ-специальностей  
(2008–2015 гг.)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Бакалавры – всего, чел.	29764	32005	28289	27438	31528	30368	28917	28985
в т.ч. ИТ- специа- листы (чел.)	929	1164	1117	1354	1426	1712	2068	2094
ИТ-специа- листы, (%)	3,1	3,7	3,8	4,9	4,5	5,6	7,1	7,2

*Источник:* ГКС, ГКПС, расчеты автора.

Из таблицы следует, что если доля выпуска ИТ-специалистов от общей численности выпускников бакалавриата в 2008 году составляла 3,1%, то в 2015 году эта доля возросла более чем в 2 раза.

Численность выпускников по ИТ-специальностям в конкретном учебном году представляет собой текущее предложение ИТ-специалистов в этом же году. На рисунке 5.14 приведена совместная динамика приема студентов и выпуска специалистов (предложения) по группе ИТ-специальностей в течение 2007–2015 гг. Рисунок 5.14 наглядно демонстрирует устойчивую динамику роста приема и выпуска ИТ-специалистов.

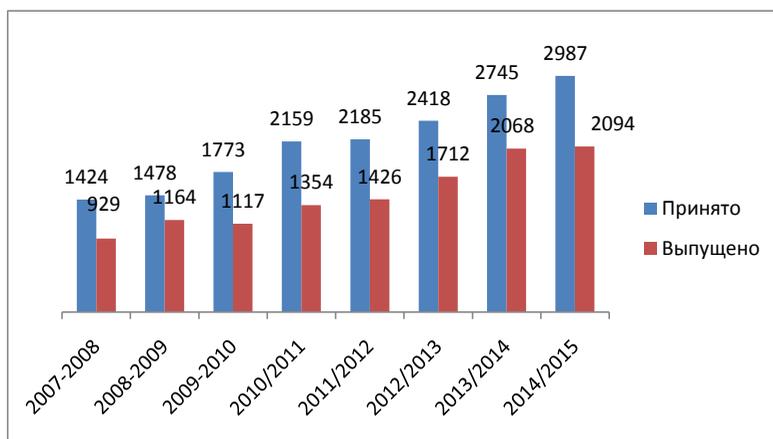


Рис.5.14. Динамика приема студентов и выпуска специалистов по группе ИТ-специальностей.

*Источник:* ГКПС, расчеты автора.

Одним из важных показателей, характеризующих рынок предложения ИТ-специалистов, является структура приема студентов в вузы по направлению ИТ в разрезе профессий и специализаций. В таблице 5.17 приведено количественное распределение плана приема студентов по ИТ-специализациям за период 2009–2014 гг.

Таблица 5.17.

Распределение приема студентов по ИТ-специализациям (2009–2014 гг.)

Годы	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2009/2014
Препо. матем. и информатики	611	644	636	729	818	3448
Компьютерные науки	349	434	478	588	584	2433
Компьютерная инженерия	240	314	468	361	441	1824
Инженерия инф. техн-й и систем	393	545	508	518	627	2591
Информационная безопасность	0	0	0	0	15	15

*Источник:* ГКПС.

Анализ распределения суммарной численности приема по ИТ-специализациям показал, что в течение 5 лет (2009–2014 гг.) прием на ИТ-специальности в среднем составил 2062 студента. Из них 33,4% принятых приходится на специальность «Преподавание математики и информатики», что составляет 690 студентов в год; 25,2% плана приема приходится на специальность «Инженерия информационных технологий и систем»; 23,6% – «Компьютерные науки»; 17,7% – «Компьютерная инженерия»; 0,1% – «Информационная безопасность» (рис.5.15). Тот факт, что 1/3 плана приема по группе ИТ-специальностей приходится на «Преподавание математики и информатики», можно объяснить той важной ролью, которую должен играть преподаватель информатики в подготовке молодого поколения к условиям жизни в информационном обществе, где решающую роль будут играть информация, научные знания и инновации. При этом на остальные ИТ-специальности приходится 66,6% плана приема, что в среднем за 5 лет в исследуемом временном интервале составило 1372 студента в год.

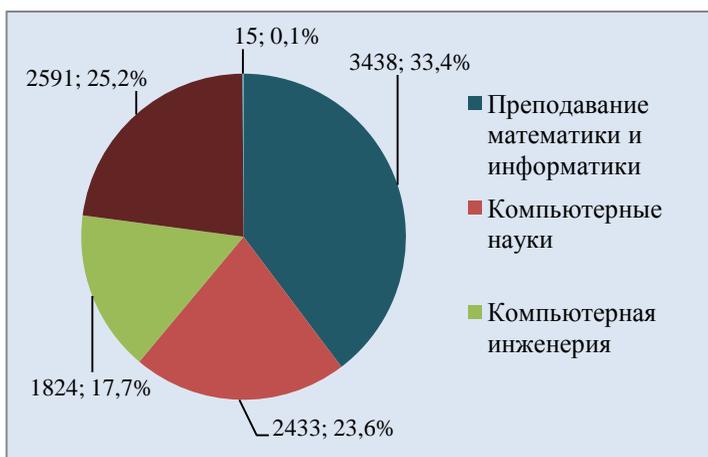


Рис.5.15. Распределение приема студентов по специализациям. *Источник:* ГКПС.

С нашей точки зрения существующая система планирования и структура приема научно не обоснованы и не отражают реальную ситуацию в сфере количественного соотношения спроса и предложения на ИТ-специалистов. Предложенный в работе авторский подход к оценке соотношения спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана позволит подтвердить (или опровергнуть) данное предположение.

*Этап 2.* Выявление основных показателей, формирующих исходящий поток предложения ИТ-специалистов, и определение тех из них, которые являются наиболее многочисленными и информационно поддержанными, т.е. прогнозируемыми.

На сегодняшний день довольно сложно дать ответ на вопрос о том, насколько реальная динамика численности приема и соответствующий выпуск ИТ-специалистов удовлетворяют потребность рынка труда. В главе II (см. раздел 2.3, рис.2.3) показано, что формирование совокупного предложения в ИТ-сегменте рынка труда происходит посредством взаимодействия входящих и исходящих потоков. Основные источники входящего потока предложения – это выпускники ИТ-профильных специальностей, работающие ИТ-специалисты, по той или иной причине ищущие работу, безработные и др. Исходящий поток формируется за счет таких категорий, как выбывшие по естественно-возрастным причинам (выход на пенсию, в т.ч. по инвалидности, смертность), сменившие сферу профессиональной деятельности, временно оставившие рынок труда (болезнь, уход за ребенком, служба в армии, семейные обстоятельства), эмиграция. Фактически исходящий поток предложения является одним из источников формирования текущей потребности отраслей экономики в ИТ-кадрах и совместно со спросом на расширение ИТ-составляющей отраслей формирует ежегодную потребность национальной экономики в ИТ-специалистах. Для определения «чистого»

притока предложения суммарная численность категорий ИТ-специалистов, составляющих исходящий поток, должна быть вычтена из численности притока предложения последних. В данном случае возникают две проблемы.

Первая проблема заключается в сложности идентификации на практике численности ИТ-специалистов, формирующих исходящий поток за счет указанных выше категорий. Согласно зарубежному опыту [176, 244, 232] из-за трудности выявления рядом показателей оттока предложения (временный выход с рынка труда, эмиграция) пренебрегается, предполагая незначительность их численности, или же используется экспертная оценка. Для выявления других показателей оттока предложения (смена сферы профессиональной деятельности) на основе определенных методологий проводится отслеживание дальнейшей деятельности ИТ-специалистов или же социологические опросы бывших выпускников.

Вторая проблема заключается в необходимости управления процессами ухода специалистов из сферы ИТ и их своевременной замены. Для того чтобы процесс замещения сделать более управляемым, необходимо отобрать из множества показателей, формирующих исходящий поток, ту категорию ИТ-специалистов, которая является наиболее многочисленной и информационно поддержанной. В соответствии с международной практикой такими показателями служит категория ИТ-специалистов, выходящих на пенсию. Например, в таких специализированных учреждениях, как Международная организация гражданской авиации, Международный союз электросвязи, Организация Объединенных Наций, Всемирная организация здравоохранения и др., работа по учету сотрудников, выходящих на пенсию, является приоритетным направлением планирования замещения кадров. При этом объявления о соответствующих (потенциальных) вакансиях публикуются до выхода сотрудников на

пенсию. Административные канцелярии и государства-члены имеют доступ в режиме онлайн к пятилетнему прогнозу выхода на пенсию сотрудников различной категории и уровня [144].

*Этап 3.* Провести расчет показателей, формирующих потребность в обязательном замещении ИТ-кадров, выбывших из отраслей экономики.

В контексте вышеизложенного для оценки соотношения спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда предложен подход, суть которого сводится к расчету показателя «ИТ-специалисты, вышедшие на пенсию» и проведению совместного анализа: динамики численности занятых ИТ-специалистов как по сектору ИТ, так и в национальной экономике; ИТ-специалистов, вышедших на пенсию как по сектору ИТ, так и в национальной экономике; притока (численности) выпускников по ИТ-профильным специальностям.

Для расчета показателя «ИТ-специалисты, вышедшие на пенсию» принято предположение о средней продолжительности периода работы 39 лет. Средняя продолжительность периода работы рассчитана, исходя из установленного в Азербайджане до 2016 года пенсионного возраста (для мужчин – 63 года, для женщин – 60 лет) и среднего возраста завершения обучения по программе бакалавриата (примерно 22 года). С учетом этих данных рассчитан коэффициент выхода на пенсию в год, равный  $k_{ВП}=0,026$  (1/39). Далее по формулам (5.3) и (5.4) определена численность ИТ-специалистов, вышедших на пенсию по сектору ИКТ и в разрезе ВЭД:

$$P(t)_{ИКТ}^{ВП} = k_{ВП} \cdot P(t)_{ИКТ} \quad (5.3)$$

$$P(t)_{ВЭД}^{ВП} = k_{ВП} \cdot \sum_{i=1}^{m-1} P^i(t), \quad (5.4)$$

где  $i = \overline{1, m-1}$ ;  $m = 18$  – количество ВЭД;  $P(t)_{ИКТ}$  – общая численность ИТ-специалистов, занятых в секторе ИКТ;  $\sum_{i=1}^{m-1} P^i(t)$  – общая численность ИТ-специалистов, работающих в других отраслях экономики Азербайджана;  $k_{ВП}$  – коэффициент выхода на пенсию в год.

В таблице 5.18 и на рисунке 5.16 приведены статистические и расчетные показатели (численность ИТ-специалистов, занятых в секторе ИКТ и отраслях экономики; численность выпускников по ИТ-специальностям; численность вышедших на пенсию ИТ-специалистов), непосредственно участвующие в определении потребности в замещении и реальном предложении ИТ-специалистов.

Таблица 5.18.

Статистические и расчетные показатели, определяющие потребность в замещении ИТ-специалистов и его покрытие (2011–2015 гг.)

Показатели	2011	2012	2013	2014	2015
ИТ-специалисты, занятые в секторе ИКТ* – $P(t)_{ИКТ}$	18300	18500	19300	19900	20100
ИТ-специалисты, занятые в других отраслях национальной экономики** – $\sum_{i=1}^{m-1} P^i(t)$	28374	31092	33602	34995	35871
ИТ-специалисты, вышедшие на пенсию из сектора ИКТ – $P(t)_{ИКТ}^{ВП}$	476	481	501	517	523
ИТ-спец., вышедшие на пенсию из других отраслей национальной экономики – $P(t)_{ВЭД}^{ВП}$	737	808	838	910	933
Общая численность ИТ-специалистов, вышедших на пенсию – $P(t)^{ВП}$	1213	1289	1339	1427	1456
Численность выпускников по ИТ-специальностям – $N(t)_{выпуск}$	1354	1426	1712	2068	2094

Источник: \*ГКС; \*\* расчеты автора.

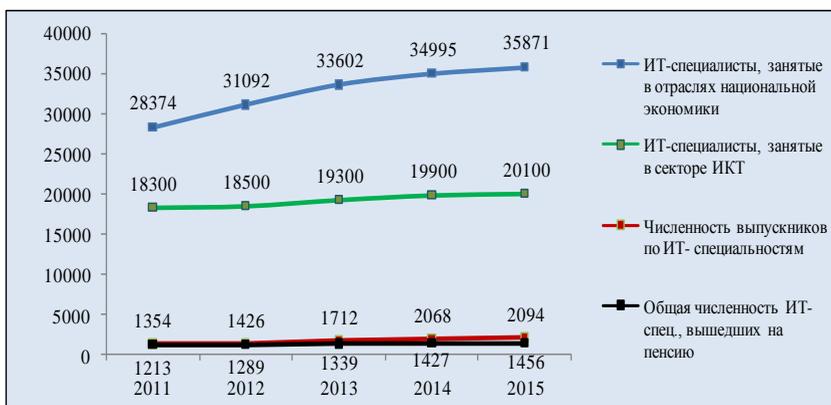


Рис.5.16. Динамика показателей, определяющих потребность в замещении ИТ-специалистов и его покрытие.  
*Источник:* ГКС, расчеты автора.

*Этап 4.* Проведение анализа соотношения спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Таблица 5.19 наглядно в цифрах отражает динамику: 1) спроса и предложения на ИТ-специалистов; 2) численность ИТ-специалистов, необходимых для покрытия замещения; 3) реального предложения (притока) ИТ-специалистов после покрытия замещения. Сравнительный анализ целевых показателей на основе их ретроспективных данных позволил идентифицировать состояние рынка труда ИТ-специалистов, т.е. определить соотношение спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда. Так, расчеты показывают, что общая численность ИТ-специалистов, вышедших на пенсию, за 5 лет составила 6724 чел., или в среднем 1344,8 чел. в год, а численность ИТ-профильных выпускников за 5 лет составила 8654 ИТ-специалиста, или в среднем 1730,8 чел. за год. Исследование динамики численности ИТ-специалистов (спроса) в Азербайджане за период 2011–2015 гг. позволило выявить прирост ИТ-специалистов по сектору ИКТ (табл. 5.19 (Ш)), который в течение 4 лет составил 1800 человек, т.е.

по сектору ИКТ 450 ИТ-специалистов за год, а по остальным отраслям национальной экономики (табл. 5.19 (IV)) – 7497 человек, или в среднем 1874 человека за год. Таким образом, реальное предложение ИТ-специалистов (выпускников) после покрытия замещения вышедших на пенсию в среднем составило 386 человек (табл. 5.19 (II, III, VI)).

Таблица 5.19.

Динамика соотношения спроса и предложения на ИТ-специалистов в период 2011–2015 гг.

Годы	Предложение ИТ-спец. (числ. выпускников)	Прирост занятых ИТ-спец. по сектору ИКТ (спрос)	Прирост занятых ИТ-спец. по отр. экономики (спрос)	Общий прирост ИТ-спец. по всем отр. экон.	Числ. ИТ-спец., необх. для замещения (спрос)	Реальное предлож. ИТ-спец. после замещения
I	II	III	IV	V	VI	VII
	$N(t)_{\text{выпуск}}$	$\Delta(P(t)_{\text{ИКТ}})$	$\Delta(\sum_{i=1}^{m-1} P^i(t))$	$\Delta(P(t)_{\text{взд}})$	$P(t)_{\text{ВП}}$	$N(t)_{\text{реал}}$
2011	1354				1213	141
2012	1426	200	2718	2918	1289	137
2013	1712	800	2510	3310	1339	373
2014	2068	600	1393	1993	1427	641
2015	2094	200	876	1076	1456	638
Всего	8654	1800	7497	9297	6724	1930
ср./ год	1730,8	450	1874,2	2324,2	1344,8	386

*Источник:* рассчитано автором.

Далее, общая потребность (спрос) в ИТ-специалистах (табл.5.19 (V)) в среднем за год была 2324 чел. Это означает, что в среднем соотношение предложения и спроса на ИТ-специалистов составляет 1:6 (2324/386). При этом по сектору ИКТ это соотношение составляет 1:1,17 (450/386), т.е. можно считать, что спрос и предложение в данной отрасли количественно сбалансированы. Однако по отраслям национальной экономики соотношение предложения и спроса составляет 1:4,85 (1875/86), т.е. наблюдается значительный дисбаланс этих индикаторов.

Мы не принимаем во внимание тот факт, что на практике карьера ИТ-специалистов активного

профессионального профиля заканчивается сравнительно рано (в 40–50 лет) [248].

Уровень дисбаланса спроса и предложения на ИТ-специалистов, выявленный на основе предложенного эвристического метода количественной оценки рынка ИТ-предложения, позволяет сделать заключение о том, что нехватка ИТ-специалистов создается за счет информатизации отраслей национальной экономики. Учитывая нацеленность государственной политики в сфере развития ИКТ в Азербайджане на дальнейшую информатизацию отраслей экономики и утверждение в стране ИО, следует ожидать значительного роста потребности в ИТ-специалистах. Далее, сложившаяся сегодня в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана ситуация показывает значительное количественное расхождение плана приема студентов на ИТ-специальности и реальной потребности рынка труда в ИТ-специалистах.

Практические методики количественной оценки спроса и предложения ИТ-специалистов, изложенные в разделах 5.3 и 5.4, могут служить основой для поддержки принятия обоснованных управленческих решений по согласованию спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда, прогнозирования потребности в ИТ-специалистах в соответствии с перспективами инновационного развития страны.

### **5.5. Анализ спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана (качественные аспекты)**

Высокая степень динамизма и диверсификации в развитии ИТ, их проникновении в качестве фактора ускорения инноваций в другие сферы экономики обуславливают постоянно меняющиеся требования к количественным и качественным параметрам ИТ-специалистов со стороны конкретных предприятий и организаций (рынка труда). Однако инертная система профессионального образования не успевает своевременно

реагировать на быстрые технологические изменения, продолжая выпускать специалистов, профессиональные знания и умения которых слабо соотносятся с настоящими и будущими потребностями ИТ-рынка труда.

Следует отметить уникальность и специфичность требований, выдвигаемых к ИТ-специалистам со стороны различных работодателей (организаций). Это затрудняет сбор официальной информации по спросу и предложению на ИТ-специалистов, что, соответственно, отражается на сложности адекватной оценки дисбаланса последних в количественном и качественном разрезе. Хотя количественные параметры спроса и предложения возможно оценить через какие-либо косвенные показатели, однако выявление качественных параметров такими методами практически невозможно.

Международная практика показывает, что наиболее эффективным методом выявления спроса и предложения в количественном и, в особенности, в качественном разрезе являются социологические опросы (работодателей, ИТ-специалистов, экспертов и т.п.).

В данном разделе приведены некоторые результаты социологических исследований ИТ-сегмента рынка труда, проведенных с участием автора [102], с упором на качественные аспекты спроса и предложения на ИТ-специалистов в Азербайджане.

Анализ современной ситуации в ИТ-сегменте рынка труда и сфере ИТ-профильной подготовки в Азербайджане, базирующийся на данных первого мониторинга спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов, проведенного в 2008 году [102, 104], выявил, что предоставляемое в сфере ИТ обучение решает проблему несоответствия навыков частично. Так, ИТ-профильное образование в стране не успевает за развитием сектора ИТ и не в состоянии выпускать ИТ-специалистов, удовлетворяющих требованиям рынка труда как количественно, так и по качеству полученных профессиональных знаний и

умений. Хотя базовая подготовка не вызывает нареканий, однако систематическое появление новых технологий, программных платформ и методологий решения ИТ-задач приводит к резкому сокращению жизненного цикла современных ИТ и полученных ИТ-знаний и умений. В то же время это способствует соответствующим изменениям в требованиях рынка труда (работодателей) к профессиональным и качественным характеристикам ИТ-специалистов и актуализирует задачу систематического обновления содержания учебных программ ИТ-подготовки как в системе формального образования, так и в рамках непрерывной профессиональной подготовки [91, 107, 112].

Далее, анализ данных обследования показал, что рынок труда ИТ-специалистов в Азербайджане еще недостаточно насыщен востребованными кадрами, что подтверждается также результатами, полученными в разделах 5.3-5.4 настоящей главы. В качестве показателей спроса на квалифицированных ИТ-специалистов можно указать:

1) недостаток навыков по определенным ИТ-профессиям и специальностям, трудно заполняемые вакансии (качественные показатели); 2) занятие ИТ-профильных рабочих мест лицами, реальная структура специальностей которых относится к смежным отраслям; 3) занятие ИТ-штатов студентами и представителями других профессий и специальностей, зачастую далеких от ИТ. Следует ожидать, что с повышением спроса на ИТ-специалистов будет расти количество непрофильных специалистов со стороны предложения ИТ-специалистов, и наоборот, спад спроса на ИТ-специалистов снизит готовность работодателей нанять на ИТ-профильные вакансии специалистов из других сфер деятельности.

В 2014 году Институтом Информационных Технологий НАНА было инициировано проведение второго мониторинга рынка труда ИТ-специалистов, в котором автор принимала непосредственное участие. Цель

очередного исследования заключалась в выявлении ситуации по кадровому обеспечению ИТ-сектора на текущий момент времени как с позиций спроса (работодателей), так и с позиций предложения (подготовки кадров), проведении сопоставительного анализа результатов двух опросов относительно основных индикаторов рынка труда, выделении тенденций, наблюдаемых в отрасли в разрезе структуры специальностей и требований к знаниям и навыкам ИТ-специалистов, выявлении степени насыщенности рынка ИТ-профильными специалистами и оценке доли непрофильных специалистов, работающих на ИТ-позициях.

С учетом ограничений на объем диссертационной работы в настоящем приложении приведены лишь некоторые результаты этого исследования, затрагивающие в основном качественные аспекты спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Заметим, что данное исследование базируется на той же методологии, которая была разработана для реализации первого опроса [102, 105], однако в отличие от первого мониторинга объем выборки второго обследования намного больше.

Информационную базу исследования для выявления состояния рынка ИТ-специалистов, его динамики и перспектив развития составили результаты выборочного опроса среди трех типов респондентов: 1) ИТ-специалистов (основная выборка); 2) ИТ-экспертов; 3) работодателей, представленных хозяйствующими субъектами всех форм собственности с опорой на ИТ-профильные. Основная выборка охватывает 2350 респондентов (60,6% – мужчины, 39,4% – женщины), в том числе 2017 респондентов, работающих в качестве ИТ-специалистов, 146 работодателей и 187 экспертов. Основная выборка, определенная на основе метода кластерного отбора, состоит из гомогенных (однородных) групп, распределенных как по регионам страны, так и по

основным направлениям экономики, что позволяет в определенной мере обеспечить репрезентативность полученных данных.

Проведенный опрос респондентов, работающих в качестве ИТ-специалистов как в столице, так и в регионах Азербайджана, выявил, что абсолютное большинство из них (84,9%) имеют высшее образование (рис.5.17).

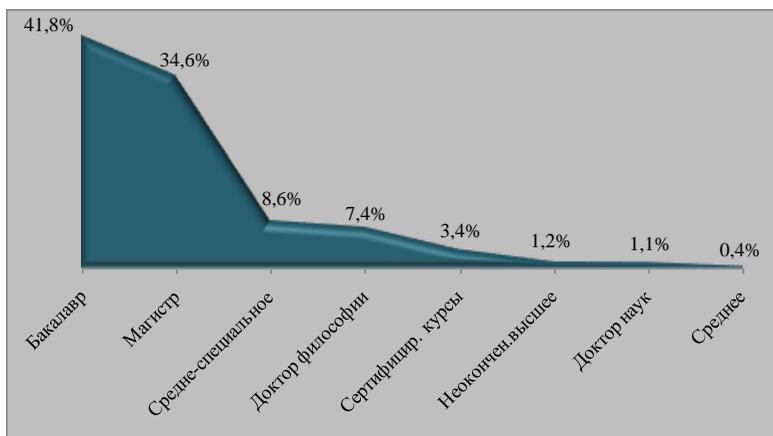


Рис.5.17. Распределение респондентов по уровню образования

Возрастающий спрос на ИТ-специалистов, а также сравнительно высокий уровень заработной платы последних становятся причиной перехода специалистов из других стратегически важных секторов экономики в сферу ИТ. Этот факт нашел свое отражение в ответах ИТ-специалистов на вопрос о специальности, которую они приобрели в вузах (рис. 5.18). Так, среди работающих в качестве ИТ-специалистов 58,5% имеют ИТ-профильное образование; 15,7% являются выпускниками потенциально близких к ИТ специальностей (физико-математических, инженерно-технических); 26,2% респондентов владеют вузовскими дипломами со специальностями, не имеющими совершенно никакого отношения к ИТ (биолог, юрист, журналист, экономист,

архитектор, химик и т.п.). Это означает, что более четверти респондентов, участвующих в опросе в качестве ИТ-специалистов, имеют базовое образование по специальностям, абсолютно далеким от ИТ.

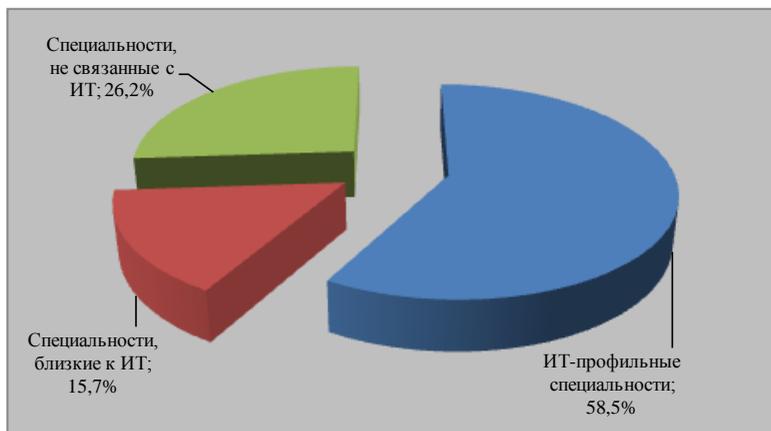


Рис.5.18. Распределение респондентов по профилю специальности, полученной в вузе

Согласно данным первого опроса (2008 г.), доли этих категорий составили соответственно 45%, 29% и 26%. Сопоставительный анализ результатов двух обследований демонстрирует устойчивый приток в ИТ-сферу специалистов из других сфер деятельности. Наличие такой ситуации настораживает, поскольку, с одной стороны, она может отражать дефицит ИТ-специалистов, а с другой – быть показателем перехода ИТ-специалистов в другие сферы деятельности. Поэтому, с нашей точки зрения, для выявления причин наблюдаемой ситуации требуется проведение дополнительного исследования.

Интересную картину позволяет выявить корреляция периода обучения респондентов в вузе с полученной специальностью. Как видно из рисунка 5.19, если в 1960–1980-е годы дефицит ИТ-специалистов покрывался в

основном за счет специальностей, потенциально близких к ИТ, то в последующие годы виден рост тенденции к возмещению нехватки последних за счет выпускников непрофильных специальностей. Таким образом, наблюдается рост горизонтального рассогласования, связанного с уровнем притока в ту или иную отрасль работников, базовая квалификация которых не совпадает с профессиональной структурой занимаемой должности (например, в качестве ИТ-специалиста работают представители профессий, совершенно не связанных с ИТ).



Рис. 5.19. Распределение респондентов по профилю полученной специальности с учетом периодов обучения

### ***Оценка ИТ-образования ИТ-специалистами***

Большой интерес представляет характеристика ИТ-специалистами полученного ими ИТ-образования (рис. 5.20). 23,2% опрошиваемых при оценке качества ИТ-образования в образовательных учреждениях, которые они завершили (или продолжают обучение), считают, что предпочтение отдается в основном теоретической подготовке. Общая картина результатов опроса по данному вопросу, отраженная на рисунке 5.20, показывает, что почти половина ИТ-специалистов ( $49,1\%=23,2\%+18,8\%+7,1\%$ )

удовлетворены качеством полученного образования. При этом ответы разделились как в оценке уровней теоретической и практической подготовки, так и в оценке качества учебных программ.

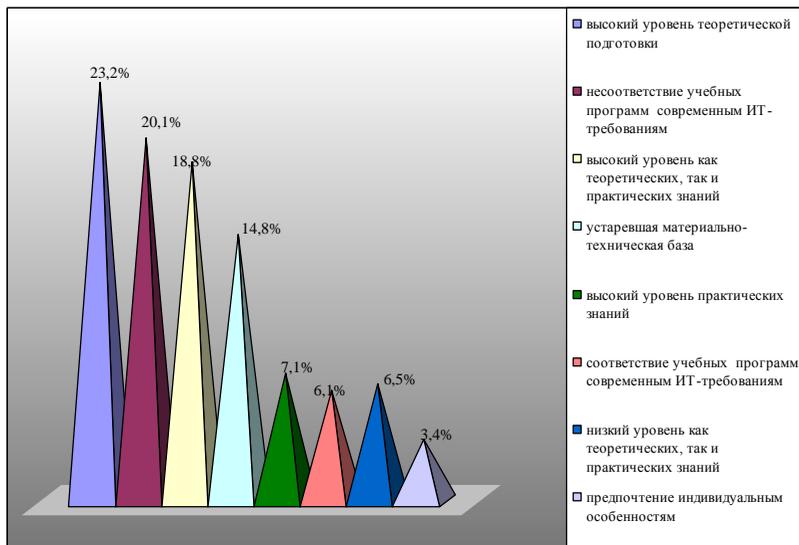


Рис. 5.20. Характеристика ИТ-образования, полученного ИТ-специалистами в вузах

Наряду с проблемами, имеющими место в ИТ-образовании, 53,5% респондентов с точки зрения требований рынка труда достаточно высоко оценивают свою специальность, 42,1% – дают среднюю оценку, только небольшая доля респондентов – 4,4% считает свою специальность малоперспективной. Это естественно, поскольку образовательный и интеллектуальный уровни субъектов обучения различны и не все обучающиеся одинаково осваивают знания и навыки в процессе учебы: среди них имеются как очень талантливые, так и со средним уровнем подготовки и достаточно слабыми способностями, что в дальнейшем отражается на занимаемых ими позициях, карьерном развитии, взглядах и

т.п. Здесь также имеет значение фактор мотивации выбора специальности.

С точки зрения выявления соответствия полученного образования требованиям учреждения, в котором работают ИТ-специалисты, большинство респондентов (43,8%) отметили полное соответствие. Далее, 28,7% ИТ-специалистов считают, что полученное образование частично соответствует требованиям учреждения, 17,3% респондентов видят слабое соответствие, а 10,2% оценивают уровень прикладной подготовки и доступность производственной практики как довольно низкий. Согласно мнению 67,9% ИТ-специалистов, наличие практического опыта увеличивает шансы трудоустройства, поэтому они положительно оценивают возможность работы и приобретения практических навыков со студенческой скамьи, а 40,2% ИТ-специалистов отмечают необходимость самостоятельного восполнения недополученных знаний и навыков.

Анализ степени соответствия полученных ИТ-специалистами знаний и навыков требованиям учреждений, в которых они работают, через призму форм собственности показывает, что среди респондентов, выбравших вариант «полное соответствие», большую часть (73,1%) составляют впервые трудоустроившиеся в государственных учреждениях. Тот факт, что сегодня на фоне средней заработной платы на рынке труда в секторе ИТ в большинстве государственных учреждений, особенно научного направления, заработная плата ИТ-специалиста довольно низкая, а возможности поощрения профессионалов ограничены, безусловно влияет на кадровое распределение ИТ-специалистов. Так, сегодня прием на работу студентов или выпускников вузов, имеющих небольшой опыт работы либо такового вообще не имеющих, со стороны чаще всего государственных учреждений и затраты усилий на их «доучивание» являются обычным явлением. Эта категория ИТ-специалистов, заинтересованная, прежде всего, в

приобщении к реальной рабочей среде и повышении профессиональных умений, соглашается работать за ту небольшую заработную плату, которая сегодня предусмотрена в штатных расписаниях государственных учреждений, временно заполняя имеющиеся вакансии.

На рисунке 5.21 представлен ранжированный список позиций, которые занимают участвующие в опросе 2017 респондентов, работающих в качестве ИТ-специалистов.

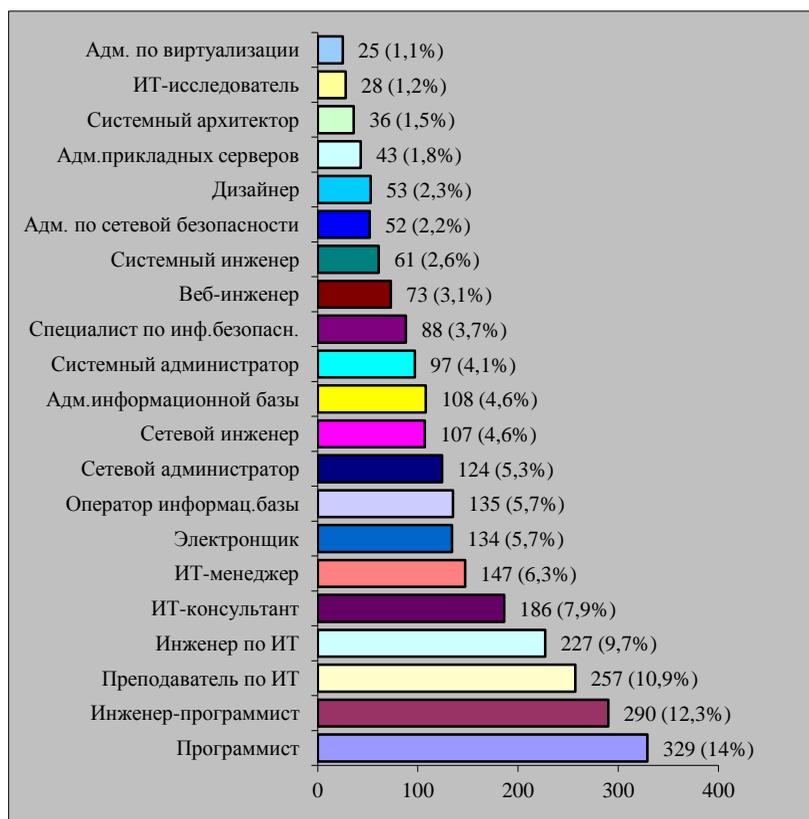


Рис.5.21. Распределение респондентов по занимаемым ими позициям

Расширение сфер приложения ИТ и разнообразия решаемых задач, с одной стороны, и быстрая смена технологий – с другой выдвигают к ИТ-специалистам такие новые требования, как высокая адаптируемость к изменениям и инновациям, владение разносторонними навыками, способность переключения на различные виды деятельности, и требует непрерывного обновления профессиональных знаний и навыков. Одним из показателей профессионального роста является наличие профессиональных сертификатов известных ИТ-компаний. Рисунок 5.22 отражает упорядоченный в количественном отношении список авторитетных международных сертификатов, которыми владеют опрошенные ИТ-специалисты.

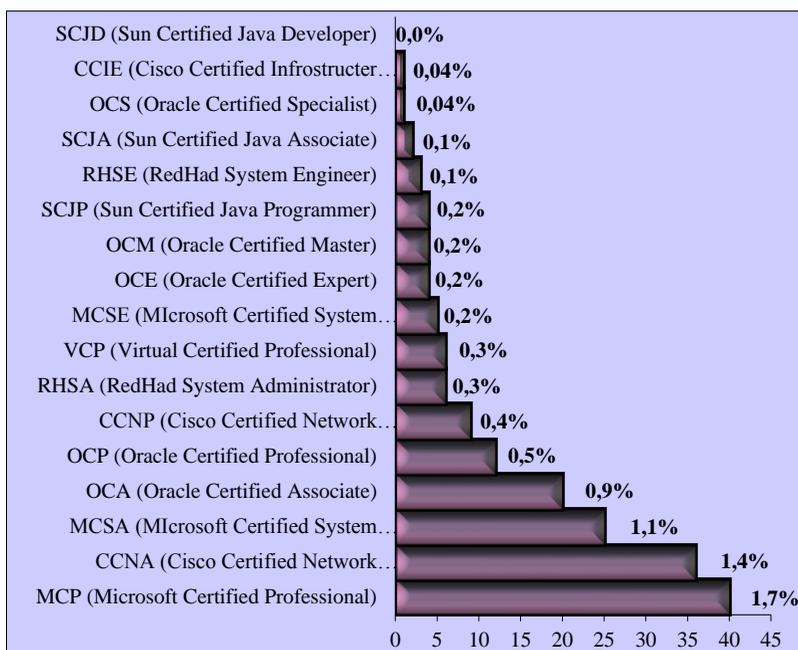


Рис.5.22. Распределение респондентов в соответствии с полученными ими сертификатами

## Оценка ИТ-образования работодателями и экспертами

Анализ ответов опрошенных работодателей и экспертов в отношении качества подготовки ИТ-кадров системой образования представил следующую картину (рис.5.23):

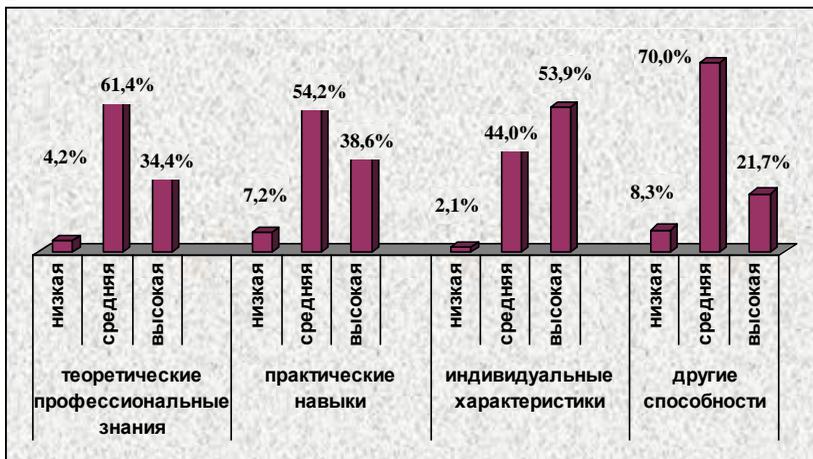


Рис.5.23. Оценка работодателями и ИТ-экспертами качества подготовки ИТ-кадров системой образования

Обобщенный анализ ответов работодателей и экспертов относительно качества ИТ-образования показывает, что большинство из них оценивают уровень подготовки ИТ-выпускников средне. Это актуализирует проблему адекватности ИТ-образования требованиям рынка труда (работодателей).

Эти ответы согласуются с мнениями ИТ-специалистов и студентов относительно необходимости самостоятельного восполнения недополученных прикладных знаний. Доучивать молодых специалистов приходится на рабочем месте предприятиям и компаниям (в том числе и ИТ-профиля), принимающим к себе на работу вчерашних выпускников, что требует значительных финансовых и временных затрат. По оценкам экспертов, даже выпускников профильных специальностей после

прихода на работу приходится дополнительно обучать не менее 6 месяцев, а для других специальностей затраты на «доводку» еще больше.

Анализ ответов на вопрос о причинах, отрицательно влияющих на подготовку образовательными учреждениями ИТ-специалистов, соответствующих требованиям рынка труда, показал, что 23,8% работодателей и ИТ-экспертов считают причиной этого морально устаревшие учебные программы и материально-техническую базу. Действительно, сегодня в большинстве вузов Азербайджана в преподавании языков программирования лидируют Паскаль, С++, тогда как современные программные платформы преподаются только в отдельных университетах страны. Это изначально обуславливает несоответствие навыков ИТ-выпускников требованиям рынка труда. На оторванность знаний и навыков, предоставляемых в вузах, от реальной рабочей обстановки (требований рынка труда), создающей препятствия при трудоустройстве, указывают еще 22,7% респондентов; 20,6% отмечают ограниченные возможности прохождения студентами практики, вследствие чего последние не могут приобрести прикладные знания и конкретные навыки; 17,5% констатируют низкий уровень квалификации многих преподавателей, вызванный чаще всего старением как самих преподавателей, так и их знаний и навыков; 15,4% обращают внимание на неудовлетворительный уровень заработной платы в образовательных учреждениях и, соответственно, отсутствие стимулов, поддерживающих систематическое «самообразование» специалистов в сфере ИТ.

В качестве важного направления выхода из такой ситуации вновь можно указать на усиление социального партнерства образования и ИТ-индустрии. Следует отметить положительные тенденции, наблюдаемые в течение последних лет во взаимоотношениях вузов и ИТ-индустрии, что нашло свое отражение в ответах ИТ-экспертов и работодателей ИТ-компаний и сопоставлении

результатов двух опросов. Так, 68,8% (против 64% по данным первого опроса) работодателей и экспертов считают целесообразным установление непосредственной связи с образовательными учреждениями ИТ-профиля. Это достаточно обнадеживающий результат, который еще раз подтверждает актуальность учета требований рынка труда в системе образования путем активного участия работодателей в образовательных процессах. Большая часть работодателей – 79,1% (по данным опроса 2008 года – 78%) выразили свою заинтересованность в участии в процессах планирования и составления учебно-производственных программ по ИТ-специальностям, в которых они заинтересованы, что отражает осознание важности непосредственного участия представителей ИТ-индустрии в подготовке кадров для отрасли.

Естественно, что подготовка квалифицированных специалистов для такого динамичного сектора, как ИТ, требует прямого сотрудничества образования с работодателями, одним из направлений которого может быть предоставление последними возможности прохождения студентами производственной практики. Согласно результатам опроса, 54,8% (против 51,5% – данные 2008 г.) опрошенных работодателей и экспертов положительно отнеслись к вопросу о приеме студентов для прохождения практики по интересующим их направлениям ИТ; 39,1% (согласно данным первого опроса – 36,5%) отметили наличие как заинтересованности, так и возможности.

Результаты исследования требований работодателей и ИТ-экспертов к дипломам об образовании показали, что большинство экспертов (51,9%) при приеме специалистов на ИТ-вакансии считают обязательным наличие диплома о высшем образовании физико-математического, инженерно-технического и ИТ-профиля; 29,5% из них отдают предпочтение именно диплому ИТ-профильного образования; для 18,6% – не имеет значения направление

специализации. Ответы полностью коррелируются с современной ситуацией на рынке труда ИТ-специалистов, поскольку «сужение» требований может способствовать еще большему росту неудовлетворенного спроса на ИТ-специалистов. Более того, широкое внедрение ИТ в различные отрасли национальной экономики и необходимость решения специфических задач часто являются стимулом для приема на работу в ИТ-компанию специалиста с отраслевым образованием (экономическим, биологическим и пр.).

Еще одним аспектом требований работодателей и экспертов к ИТ-специалистам являются индивидуальные (личностные) качества последних (рис. 5.24). Прежде всего на основе экспертного опроса были выделены такие показатели личностных качеств, как исполнительская дисциплина, инициативность, передача опыта, работа в команде и способность к самообразованию (личностному росту). Распределение требований работодателей и экспертов относительно указанных личностных характеристик иллюстрируется рисунком.



Рис.5.24. Требования работодателей и экспертов, выдвигаемые к личностным качествам ИТ-специалистов

От ИТ-специалистов все чаще требуются приобретение специфических знаний, лежащих за пределами их

технической компетенции, требования к опыту работы на аналогичной должности, в том числе и в иностранной компании. Все большее значение приобретают наличие профессиональных сертификатов, обширный кругозор в области новейших технологий, знание иностранного языка. Это связано с тем, что современному ИТ-специалисту приходится решать задачи, лежащие на стыке ИТ с различными областями деятельности, т.е. осуществлять свою деятельность на стыке программной и предметной областей, в которых требуется оптимальное управление информационными ресурсами (экономике, образовании, социальной защите, налоговой сфере, таможенной службе и т.п.).

Некоторые работодатели в связи с характером деятельности выдвигают дополнительные требования к ИТ-специалистам, связанные как со специфическими профессиональными знаниями и умениями, так и с некоторыми анкетными данными. Наибольший интерес среди дополнительных требований к ИТ-специалистам представляют показатели, характеризующие уровень профессиональной квалификации последних: 1) наличие сертификатов о прохождении курсов известных компаний, являющихся производителями того или иного продукта; 2) опыт работы в иностранных компаниях; 3) знание иностранного языка. Эти показатели, с одной стороны, характеризуют стремление ИТ-специалиста к профессиональному росту, а с другой – расширяют перспективы карьерного роста. Рисунок 5.25 отражает распределение важности этих требований для работодателей и экспертов.

В разряд пользующихся авторитетом международных сертификатов работодатели и эксперты включили Microsoft, Microsoft Navision 1C, Cisco, Cobit, Dell, Ericsson, HP, IBM, Novell, Oracle, SAP, Siebel, SUN Microsystems, UNIX.

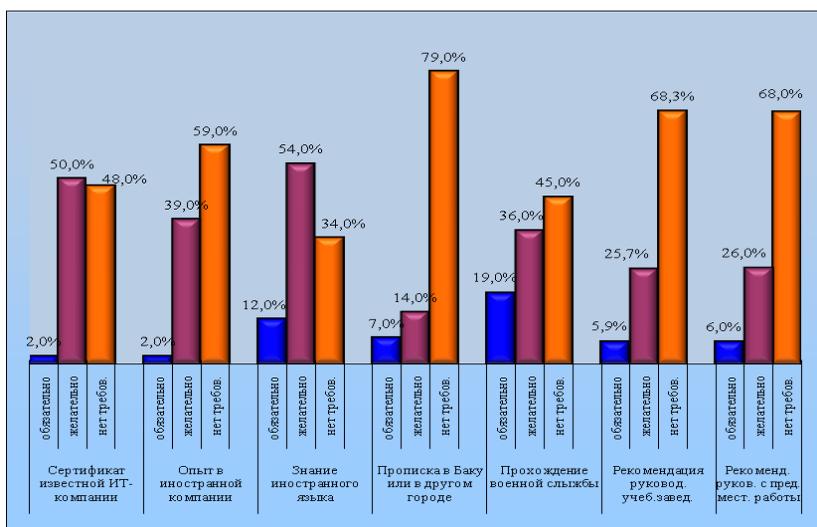


Рис.5.25. Дополнительные требования работодателей к ИТ-специалистам

Большой интерес представляют ответы работодателей и экспертов относительно востребованности профессиональной специализации ИТ-специалистов в их организациях и компаниях в соответствии с представленным экспертами набором позиций (рис.5.26).

Как следует из упорядоченного по степени востребованности списка ИТ-профессий и специализаций, сегодня на рынке труда ИТ-специалистов наиболее востребованы программисты, инженеры-программисты, инженеры по эксплуатации компьютерных систем и т.п. Спрос на инженеров-программистов связан не столько с их профессиональными умениями по программированию, сколько с их способностями и навыками освоения современных программных продуктов и платформ (SAP, Oracle, SQL və s.), их внедрения, адаптации и сопровождения.

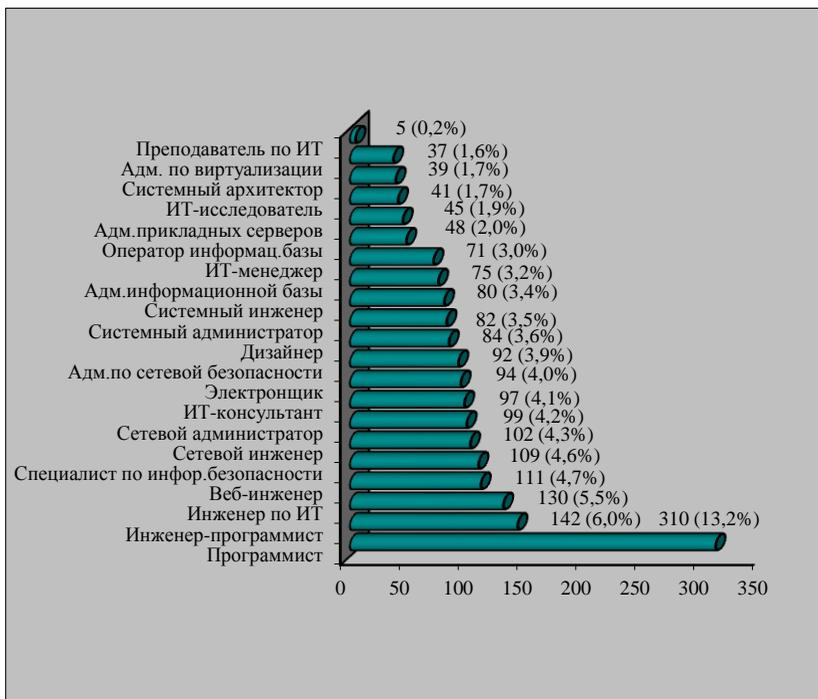


Рис.5.26. Ранжированный список ИТ-профессий и специализаций, наиболее востребованных с позиции работодателей

Мнения, позиции и оценки респондентов, отражающие различные аспекты ИТ-кадровой готовности рынка труда, показывают реальное представление субъектов ИТ-сегмента рынка труда о различных аспектах спроса и предложения, его текущем состоянии, проблемах и тенденциях. При этом результаты мониторинга ИТ-сегмента рынка труда предоставляют фактическую беспристрастную информацию для оценки качественных характеристик ИТ-специалистов, которая может быть принята в качестве основы для принятия обоснованных решений по сокращению качественного дисбаланса спроса и предложения на ИТ-специалистов.

## 5.6. Анализ спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе результатов мониторинга открытых интернет-ресурсов

В настоящем разделе описаны результаты анализа текущего спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе мониторинга открытых интернет-ресурсов, связанных с онлайн-поиском и подбором ИТ-специалистов. Для выявления динамики спроса (ИТ-вакансий), предложения (резюме) и требований работодателей к компетенциям в течение месяца было отслежено состояние спроса и предложения на ИТ-специалистов на базе трех местных рекрутинговых сайтов: **www.rabota.az**, **www.boss.az**, **www.jobsearch.az** и сайта Государственной службы занятости **www.ses.gov.az**.

Глобальное развитие ИТ и проникновение Интернета во все сферы человеческой деятельности не обошло стороной и рынок труда. Новые технологии оказали непосредственное воздействие как на трудовые отношения, так и на соотношение спроса и предложения, процессы трудоустройства, типы занятости и др. В частности, появление и стремительное развитие интернет-рекрутинга расширило спектр технологий и границ поиска и найма сотрудников. Посредством использования информации из открытых интернет-источников появилась возможность решения без дополнительных затрат таких задач, как анализ вакансий, доступных в режиме онлайн, определение профессиональной структуры спроса, квалификационных требований работодателей к качеству образования и профилям профессиональных навыков и т.п. Эти сведения позволяют составить общую картину относительно требований со стороны спроса к профессиональным и квалификационным характеристикам претендентов на вакансии.

Согласно [138] под интернет-рекрутингом (или онлайн-рекрутингом) подразумеваются широкий спектр

методов в поиске сотрудников разного уровня и отраслевой принадлежности, а также способы коммуникаций работодателя и кандидата, использующие интернет-ресурсы.

В настоящее время в среде глобальной сети функционируют такие виды интернет-рекрутинга, как: 1) специализированные сайты, предназначенные для поиска работы и сотрудников (job-сайты); 2) социальные сети (socialmedia): facebook.com, LinkedIn.com и др.; 3) техники онлайн-оценки кандидата (тестирование, интервьюирование по Skype, видео CV и др.); 4) специализированные сайты компаний, предназначенные для привлечения кандидатов, либо страницы с информацией об открытых вакансиях на корпоративном сайте; 5) онлайн-дневники (блоги), в которых дана информация о корпоративной культуре, организационной структуре, проблемах, задачах компании.

Перечисленные виды онлайн-рекрутинга направлены на решение задач привлечения, поиска и отбора персонала. Однако для решения указанных задач в основном используются job-сайты, а остальные ресурсы привлекаются в качестве дополнительного ресурса.

В онлайн-сегменте рынка труда Азербайджана в настоящее время основными источниками информации о текущем спросе являются объявления организаций, интернет-ресурсы местных рекрутинговых агентств, Государственной службы занятости населения и социальные медиа.

Для выявления динамики спроса (ИТ-вакансий), предложения (резюме) и требований работодателей к компетенциям в течение месяца отслежено состояние спроса и предложения на ИТ-специалистов на базе трех местных рекрутинговых сайтов: **www.rabota.az**, **www.boss.az**, **www.jobsearch.az** и сайта Государственной службы занятости **www.ses.gov.az**. Выбор указанных источников обусловлен превращением за последние годы интернет-ресурсов рекрутинговых агентств в наиболее эффективный инструмент для поиска вакансий, карьерного

развития, с одной стороны, и помощи работодателям в поиске соответствующих кандидатов на вакантные рабочие места – с другой. Высокая посещаемость этих сайтов и все растущий интерес граждан к предоставляемым ими возможностям свидетельствуют о развитии виртуального рынка труда. Разместить на сайтах объявление о вакансии, а также e-резюме, как правило, можно после регистрации. Срок действия объявления составляет один месяц. Сайты предоставляют соискателям следующие возможности: поиск новых вакансий, отправка резюме на определенные вакансии, отправка резюме для базы данных сайта.

Анализ перечисленных 4 сайтов показывает, что каждый из них по информационному наполнению разделен на различные тематические группы. Так, например, в сайте [www.boss.az](http://www.boss.az) имеется 12 тематических групп, в том числе и группа «информационные технологии», которая разделена на 6 подгрупп; веб-ресурс [www.rabota.az](http://www.rabota.az) состоит из 32 тематических групп, в т.ч. и направления «Интернет, IT, телекоммуникация, связь». В сайтах [www.jobsearch.az](http://www.jobsearch.az) и [www.ses.gov.az](http://www.ses.gov.az) тематическое распределение вакансий вообще отсутствует, что создает определенные трудности для сбора информации по конкретному направлению, поскольку приходится просматривать весь список предлагаемых вакансий. Можно отметить также такие недостатки объявлений в сайтах, как различия в названиях одних и тех же по функциональному содержанию ИТ-профессий в заявленных вакансиях, что затрудняет как поиск вакансий, так и сбор и анализ информации количественного и качественного характера. Некоторые вакансии дублируются почти во всех сайтах.

Из общего количества рассмотренных вакансий (1487), заявленных различными организациями на всех трех рассматриваемых интернет-сайтах кадровых агентств, 134 относятся к сектору ИКТ. В большей части вакансий (73 вакансии по службе занятости и 13 вакансий по остальным сайтам) востребованы ИТ-специалисты со средним

профессиональным образованием (компьютерный оператор). Это еще раз подтверждает тот факт, что производительные вакансии работодателями в службы занятости предоставляются довольно редко. К тому же вакансии, заявленные в службы занятости, как показывает практика, составляют лишь 1/6–1/10 часть от всех имеющихся в наличии.

Остальные 48 ИТ-вакансий, требующих ИТ-специалистов с высшим образованием (по специальностям ИТ, информатика, прикладная математика, кибернетика, технические специальности), сгруппированы по 12 профессиям. При этом наиболее привлекательные вакансии представлены банковским и финансовым секторами, предприятиями и компаниями, развивающими производство и набирающими дополнительных работников.

### *Текущее предложение*

Количественное соотношение вакансий и резюме различается в зависимости от сайта (в среднем 1:4 [www.boss.az](http://www.boss.az), 1:5 [www.rabota.az](http://www.rabota.az), 1:3 [www.jobsearch.az](http://www.jobsearch.az) и 1:4 [www.ses.gov.az](http://www.ses.gov.az)). Общим для всех резюме (за исключением [www.ses.gov.az](http://www.ses.gov.az)) является наличие у абсолютного большинства претендентов работы, которую они хотят сменить на ИТ-позиции с более выгодными условиями. Анализ резюме также показывает, что на вакансии с низкой заработной платой претендуют студенты, выпускники смежных специальностей с дипломами различных ИТ-курсов, лица, ищущие первую работу, ИТ-специалисты, имеющие небольшой стаж работы. На вакансии с высокой и очень высокой заработной платой и хорошими условиями труда претендуют опытные ИТ-специалисты, желающие сменить текущую работу на более выгодные условия найма.

### ***Требования спроса к профессионально-квалификационным и компетентностным характеристикам ИТ-специалистов***

В разрезе профессионально-квалификационных характеристик ИТ-специалистов наиболее востребованными являются сетевые и системные администраторы, программисты и инженеры-программисты, инженеры по телекоммуникациям, инженеры-технологи по созданию и сопровождению ИТ-инфраструктуры, Web-программисты и дизайнеры.

#### ***Исследование востребованных компетенций***

Систематизация требований, выдвинутых к кандидатам на конкретные позиции, позволила выделить ряд компетентностных потребностей к претендентам. Так, наиболее востребованные работодателями профессиональные компетенции связаны с умениями работы с операционной системой Windows, приложениями Microsoft (MS Word, Excel, издательские программы и др.). Прослеживается рост спроса на ИТ-специалистов, владеющих навыками работы с новыми языками программирования и операционными системами, такими, например, как Java, Perl, XML и Linux, HTML и JavaScript, NET(C#, ASPX), языком запросов SQL, PL/SQL, умением работы с SAN (StorageAreaNetwork), сетевым оборудованием Cisco и серверным оборудованием IBM. В меньшей степени востребованы знание операционной системы Unix и языков программирования Си и Си++, знания Ethernet сетей, MPLS, FireWalls, LoadBalancers, IPS, IPSEC/TLS/EAP и других протоколов информационной безопасности. При отборе кандидатов на заявленные вакансии зачастую предпочтение отдается претендентам, обладающим сертификатами ИТ-производителей (IBC Industry-Based Certification), являющимися международным подтверждением квалификации ИТ-специалистов (в ряде вакансий требуется обязательное наличие международных

сификатов). Так, в объявлениях фигурируют такие ИС-сертификаты, как Microsoft Certified Solution Associate (MCSA), Microsoft Technology Associate (MTA), VMWare Certificates, Linux Certificates, Cisco Certificates (CCNA, CCNP) и т.п.

Одним из обязательных требований во всех объявлениях является наличие опыта работы соискателя, преимущественно 2–4 года. Далее, в разряд обязательных расширенных компетенций относятся свободное владение азербайджанским и русским языками, а также знание технического английского языка.

Анализ заявленных работодателями вакансий на ИТ-позиции показал, что требования к компетенциям делятся на два основных типа: «жесткие» или профессиональные навыки, связанные с конкретными операционными системами, программными продуктами, сетевыми технологиями и т.п., и общие или «мягкие» навыки (softskills), характеризующие личностные качества претендентов. Так, наиболее востребованными требованиями по владению мягкими навыками, необходимыми для поддержания комфортной рабочей среды, являются умение работать в команде, коммуникабельность, целеустремленность, обучаемость (желание развиваться и расти), добросовестное выполнение должностных обязанностей, ответственность, пунктуальность. Особенно мягкие навыки важны в отраслях, где основной контингент работников относится к другой сфере деятельности. Это означает, что ИТ-специалисты должны быть способны применить свои навыки в интегрированной бизнес-среде.

### ***Заключительная оценка информации по спросу и предложению на ИТ-специалистов, полученной из электронных ресурсов***

В целом анализ информации относительно спроса и предложения на ИТ-специалистов по четырем выше

указанным сайтам показал слабую структурированность данных и недостаточное количество статистической информации как о вакансиях, так и о резюме (претендентах). Поэтому считаем, что использовать эту информацию для эффективной количественной оценки состояния ИТ-сегмента рынка труда и принятия управленческих решений нецелесообразно.

Вместе с тем качественная информация дает достаточно ясное представление относительно специфических компетенций, навыков и умений, востребованных на рынке труда в условиях постоянно изменяющейся технологической среды.

### **5.7. Оценка оттока ИТ-специалистов в другие сферы профессиональной деятельности**

Еще одной довольно сложной задачей при оценке человеческих ресурсов ИТ-отрасли является идентификация ИТ-специалистов, сменивших сферу профессиональной деятельности. Как было отмечено выше, выявление количества ИТ-специалистов, сменивших сферу профессиональной деятельности, а также выбывших по естественно-возрастным причинам, – достаточно сложная и практически трудно реализуемая задача [176].

*Цель исследования* заключается в установлении обратной связи с выпускниками с ИТ-профильным образованием, выявлении информации относительно соответствия сферы их текущей деятельности специальности, полученной в вузе, выяснении причины, обусловившей переход ИТ-выпускников в другие сферы деятельности, оценке доли оттока ИТ-специалистов в другие сферы деятельности.

Выше по результатам двух исследований была показана настораживающая ситуация по притоку в отрасль ИТ специалистов, имеющих базовое образование по специальностям, далеким от ИТ (рис. 5.18). Если в качестве одного из предположений относительно причин такой ситуации выдвигалось наличие дефицита ИТ-специалистов,

то другое предположение сводилось к возможному оттоку ИТ-специалистов из отрасли. Для проверки этой гипотезы нами в ноябре 2015 года при активном участии автора было проведено новое исследование. Сущность последнего сводилась к тому, чтобы путем установления обратной связи с выпускниками выяснить, насколько сферы их нынешней деятельности соответствуют полученной в вузе специальности, и оценить долю оттока ИТ-специалистов в другие сферы.

С этой целью был проведен социологический опрос среди выпускников ИТ-профильных факультетов ряда вузов Азербайджана: Бакинского государственного университета (БГУ), Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности (АГУНП), Азербайджанского технического университета (АзТУ) и Азербайджанского университета архитектуры и строительства (АзУАС) (рис. 5.27) по группам специальностей, указанных на рисунке 5.28.

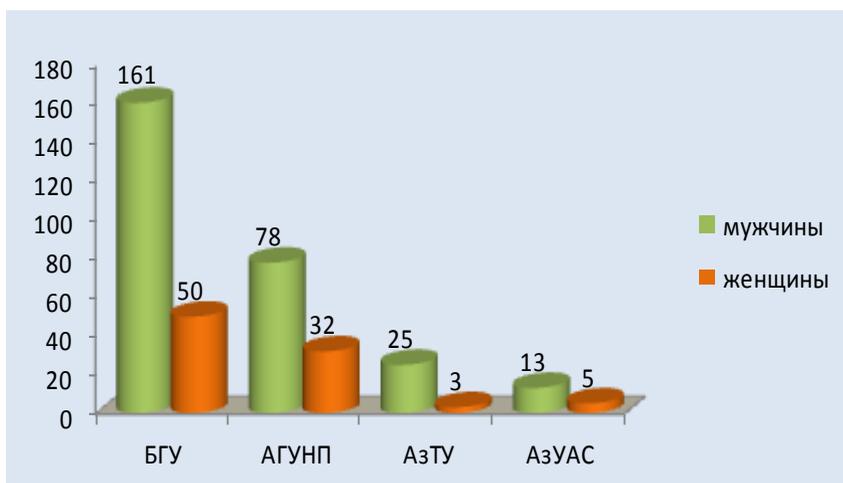


Рис.5.27. Количественное распределение выпускников по вузам



Рис.5.28. Количественное распределение выпускников по факультетам

В выборку были включены выпускники указанных вузов, завершившие свое обучение в 2006–2015 годах, причем как трудоустроенные, так и нетрудоустроенные. Всего в опросе участвовали 367 человек, около 25% из которых составляли женщины, а 75% – мужчины (рис.5.29).

Результаты исследования внесли определенную ясность в эту ситуацию. Анализ данных проведенного социологического опроса показал, что в среднем более половины ИТ-специалистов (53%) не входит в ИТ-рынок труда (рис.5.30). При этом сперва был рассчитан процент оттока для каждой группы выпускников, классифицированных по году завершения учебы, а затем определена величина оттока по всей выборке. Эти данные соотносятся с результатами исследования Всемирного банка, проведенного для выявления состояния ИТ-сектора и ИТ-навыков в Азербайджане, согласно которым из общего числа ИТ-профильных выпускников только 43% в течение года трудоустраиваются по специальности [9]. Аналогичная ситуация выявлена в результате опросов, проведенных компаниями SmartStart, Технопарк Mail.Ru и HeadHunter среди студентов ИТ-направлений ряда московских вузов и работающих специалистов, согласно которым 55% опытных специалистов,

принявших участие в опросе, не работают по ИТ-специальности, полученной в вузе [28].

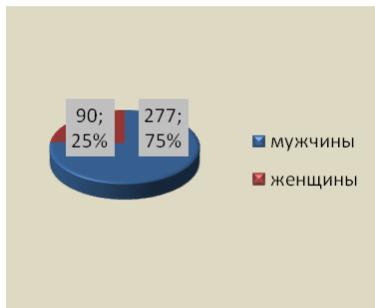


Рис.5.29. Распределение респондентов-специалистов по признаку пола

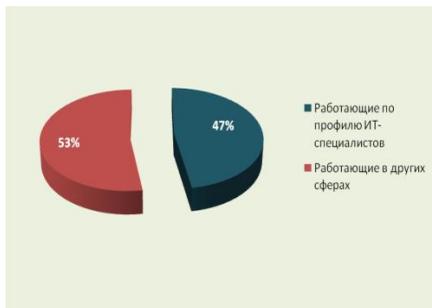


Рис.5.30. Доля работающих по профилю ИТ в общей численности выпускников

Согласно полученным данным (рис.5.31), 46% опрошенных мужчин не работают по специальности. В качестве причин перехода в другие сферы деятельности 22,3% мужчин указывают неуверенность в своих ИТ-навыках, 31,8% – потерю ИТ-квалификации после армии, 24,2% – высокую зарплату в бизнес-секторе, 11,7% – дискриминацию со стороны работодателя.

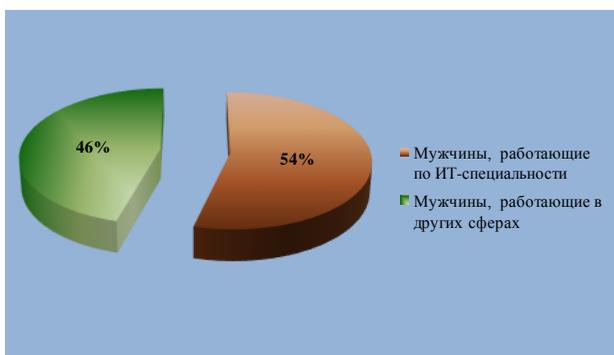


Рис.5.31. Доля мужчин, работающих по ИТ-специальности в общей численности выпускников-мужчин

Интересна достаточно ярко выраженная гендерная составляющая исследования (рис.5.32). Так, 29,3% женщин работают по специальности, 39,4% занимаются деятельностью, с полученной специальностью никак не связанной, а 25% после окончания вуза вообще не работали. Среди женщин, работающих по специальности, наибольшая доля – 46,7% приходится на сферы, связанные с дизайном или версткой, 32,3% преподают информатику в средних и средне-специальных учебных заведениях, 13,2% работают в сфере маркетинга, 8,7% занимаются научной деятельностью. Выбор этих направлений деятельности женщины объясняют отсутствием командировок, ненормированного режима работы и возможностью удобного совмещения работы с семьей.

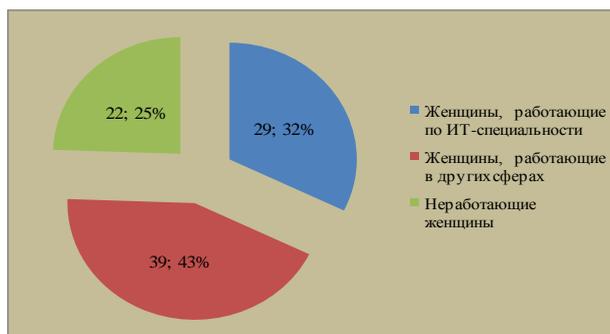


Рис.5.32. Распределение женщин в соответствии с их статусом на рынке труда

Согласно данным опроса, преобладающая часть работающих женщин сменила сферу деятельности. В качестве причин перехода в другие сферы деятельности 29,7% женщин указывают неуверенность в своих ИТ-навыках, 36,9% – потерю ИТ-квалификации после замужества и ухода за ребенком, 18,8% – высокую зарплату в бизнес-секторе, 14,2% – дискриминацию со стороны работодателя. 25% женщин, вообще не работавших после завершения учебы, связывают свой статус домохозяйки с семейными обстоятельствами.

Рисунок 5.33 демонстрирует распределение мужчин и женщин, работающих по специальности. В соответствии с полученными данными соотношение ИТ-специалистов по признаку пола составляет 5:1 в пользу мужчин.

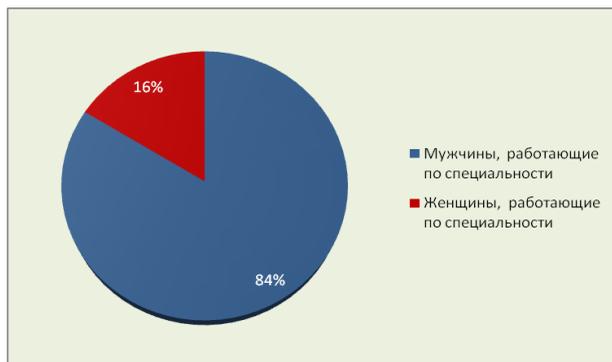


Рис.5.33. Распределение мужчин и женщин, работающих по специальности

Следует отметить, что гендерная проблема в ИТ актуальна во всех странах. Однако тенденции к увеличению спроса на ИТ-специалистов значительно расширяют возможности женщин в получении высококвалифицированной работы в ИТ-отрасли [38]. Этим можно объяснить наблюдаемый в последние годы рост доли женщин в ИТ. Так, если, согласно данным Евростата, в 2002 году соотношение мужчин и женщин в еврозоне составляло 7:1 [183], то в 2015 году разрыв сократился до 5:1 и 4:1 [182] в зависимости от страны. Однако существенный разрыв в соотношении мужчин и женщин в ИТ сохраняется. Таким образом, наша гипотеза относительно значительного оттока ИТ-специалистов из отрасли подтверждается. Результат этого исследования демонстрирует настораживающую тенденцию в ИТ-сегменте рынка труда. Естественно, для принятия окончательных заключений относительно оттоков ИТ-специалистов в другие сферы деятельности необходимо проведение более представительного исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило разработать концепцию и соответствующий комплекс моделей и методов интеллектуального управления ИТ-сегментом рынка труда, направленных на поддержку сбалансированности спроса и предложения на ИТ-специалистов:

***1. На основе анализа различных научных взглядов к определению сущности понятия «рынок труда» принята трактовка последнего применительно к управлению человеческими ресурсами в ИТ-сегменте рынка труда через разработку механизмов согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов.*** Рынок труда в работе рассмотрен как органический элемент социально-экономической системы страны, выполняющий функцию поддержания согласованности спроса и предложения на человеческие ресурсы в профессионально-квалификационном, количественном и качественном срезах в соответствии с потребностями развивающейся экономики.

В условиях формирования ИО и информационной экономики развитие рынка труда связано с тенденциями его трансформирования в форму рынка человеческого капитала, под которым в современной трактовке подразумевается имеющийся у каждого запас знаний, навыков, мотиваций, интегрированных в виде совокупности физических, интеллектуальных, личностных и других качеств. В качестве инструмента, агрегирующего человеческий капитал специалиста, принят компетентностный подход, позволяющий разработать новую концепцию и механизм управления спросом и предложением и устранить рассогласованность между рынком труда (спросом) и рынком образовательных услуг (предложением).

***2. Анализ традиционных методологических подходов к проблеме согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов, новой типологии дисбалансов спроса и предложения на профессиональные навыки позволил***

***сделать вывод о слабой проработанности концептуальных и методических основ управления спросом и предложением в ИТ-сегменте рынка труда, учитывающих динамический характер и неопределенность среды функционирования последнего, многоуровневые, количественные, качественные, профессионально-квалификационные срезы управления.***

Раскрыты причины такого обстоятельства, выраженные в: а) отсутствии строгого однозначного определения и «размытости» понятия «несбалансированность спроса и предложения»; б) наличии неопределенностей, связанных с употреблением термина «дисбаланс спроса и предложения на ИТ-специалистов» без упоминания конкретного типа несоответствия и ожидаемого воздействия; в) преимущественном использовании при оценке уровня дисбаланса спроса и предложения статистических методов, эмпирическую основу которых составляют результаты социологических опросов; г) невозможности охвата в рамках одного метода и типа анализа всех важных измерений (на макро-, мезо- и микроуровнях, текущих, краткосрочных и т.п.); д) необходимости комплексного подхода, сочетающего модели и методы оценки различных типов несбалансированности спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Традиционный методологический аппарат расширен концептуальным и математическим инструментарием управления сбалансированием отраслевого рынка труда, позволяющим минимизировать различные типы дисбаланса спроса и предложения за счет принятия наилучших управленческих решений по их согласованию.

***3. Сформулирована авторская концепция интеллектуального управления ИТ-сегментом рынка труда, основные положения которой представлены ниже.***

Введено понятие «интеллектуальное управление спросом и предложением на рынке труда ИТ-специалистов», подразумевающее принятие обоснованных управленческих решений по согласованию спроса на ИТ-специалистов и их

предложения, суть которого сводится к:

- определению спроса на ИТ-кадры через требования к ИТ-профильным вакансиям;
- определению предложения – через персонифицированный интеллектуальный капитал ИТ-специалистов;
- формированию в соответствии с конкретной задачей управления множества допустимых альтернативных вариантов согласования спроса и предложения;
- разработке механизмов оценки степени согласованности векторов спроса и предложения на специалистов;
- разработке методов поддержки принятия управляющих решений (воздействий) по согласованию спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов;
- выбору в соответствии с использованными методами среди альтернативных вариантов согласования спроса и предложения управленческого решения, адекватного целям и условиям поставленной задачи, а также потребностям и предпочтениям основных акторов рынка труда (работодателей и ИТ-специалистов), с одной стороны, и обеспечивающего минимальное отклонение между спросом и предложением – с другой.

В соответствии с концепцией интеллектуального управления спросом и предложением рынок труда ИТ-специалистов рассмотрен как интеллектуальное пространство (среда или система), в котором взаимодействуют основные его субъекты, представляющие спрос (работодатели) и предложение (ИТ-специалисты). В качестве товара на рынке труда ИТ-специалистов приняты компетенции, интегрирующие персонифицированный интеллектуальный потенциал последних, выраженный совокупностью знаний, умений, «мягких» навыков, а также личностных особенностей.

Определен компонентный состав и предложена обобщенная модель интеллектуальной системы управления ИТ-рынком труда, приведена общая постановка задачи согласования спроса и предложения на ИТ-специалистов.

Проведена классификация индикаторов, признаков и факторов, характеризующих спрос и предложение на ИТ-специалистов, базирующаяся на авторской трактовке интеллектуального управления человеческими ресурсами в сфере ИТ, специфике ИТ-отрасли, контексте задачи, инвариантной для специалистов различного профиля подготовки. Предложены информационные модели спроса и динамики совокупного предложения на рынке ИТ-специалистов, отражающей входящие и исходящие потоки.

Разработана функциональная модель системы интеллектуального управления рынком труда, позволяющая описать в заданном интервале времени взаимодействие векторов спроса и предложения на ИТ-специалистов и источники движения ресурсных потоков.

***4. В соответствии с различными типами дисбалансов спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов разработаны концепция и математический инструментарий интеллектуального управления ИТ-сегментом рынка труда на микроуровне. Предложены модели и методы, позволяющие оценить рассогласованность спроса и предложения на ИТ-специалистов.***

На микроуровне задача идентификации состояний спроса и предложения рассмотрена с позиций отдельных субъектов рынка труда (ИТ-специалистов и работодателей) и их поведенческих стратегий. В качестве «элементарной единицы» на этом уровне выступает предприятие, поскольку именно на этом уровне конкретизируются структура и объем спроса на ИТ-специалистов, а также требования к их профессиональным и личностным компетенциям. В такой интерпретации задача выявления степени соответствия спроса и предложения на микроуровне сводится к разработке механизмов эффективного подбора и найма ИТ-специалистов.

Анализ специфических особенностей задачи отбора и найма нужных специалистов позволил выделить многоитерационность этого процесса. С учетом

многоэтапного характера реального набора персонала на вакансию предложен скрининговый подход, позволяющий формализовать процесс трудоустройства. Суть подхода сводится к введению некоторых «фильтров», позволяющих «сузить» список соискателей путем их быстрой оценки, просеиванию претендентов, не удовлетворяющих требованиям организации, и принятию решений по отбору наиболее подходящего кандидата в соответствии со сгенерированными сценариями. В качестве «фильтров» приняты такие характеристики значимости компетенций претендента, как «обязательность», «желательность» и «невысокая потребность» для работодателя в отношении предлагаемой должности.

Разработан метод интеллектуального управления рынком труда ИТ-специалистов на микроуровне, заключающийся в идентификации состояний спроса и предложения с позиций его основных акторов (ИТ-специалистов и работодателей) и выбора стратегии их согласования. В такой интерпретации задача выявления степени соответствия спроса и предложения на микроуровне сводится к разработке механизмов эффективного отбора и найма ИТ-специалистов. Метод базируется на нечетком ситуационном анализе и нечетком распознавании образов и сводится к определению степени сходства нечетких ситуаций. В качестве мер оценки степени близости двух нечетких ситуаций использованы степени их нечеткого включения и нечеткого равенства.

Проведена поэтапная реализация метода нечеткого равенства двух нечетких ситуаций на примере решения задачи реального отбора и найма ИТ-специалистов на конкретные вакансии. Для формирования системы показателей, характеризующих спрос (требования работодателя), использованы требования работодателей к профессионально-квалификационным и компетентностным характеристикам ИТ-специалистов, претендующих на конкретные ИТ-вакансии, заявленные в открытых интернет-

ресурсах.

Достоинствами предложенного подхода являются предоставление возможности принятия адекватных сложившейся ситуации решений по управлению человеческими ресурсами в сфере ИТ и его практическая реализуемость. Методика может быть использована для управления человеческими ресурсами в различных сегментах экономики с адаптацией к их особенностям.

### ***5. Разработаны модели и методы управления дисбалансом спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка на макроуровне.***

В условиях информатизации различных сфер человеческой деятельности и стремительной технологической трансформации, способствующей сокращению жизненного цикла ИТ-профессий и специальностей, сформулированы задачи оценки и упорядочения через призму оценки дисбаланса спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда. Разработаны методы нечеткого многокритериального выбора ИТ-специальностей, наиболее востребованных с позиций спроса на рынке труда. С участием экспертов сформировано множество ИТ-специальностей, отобраны критерии и качественные градации для оценки последних, проведена практическая реализация предложенных методов и получено упорядочение ИТ-профессий и специальностей по степени востребованности на рынке труда.

Управление дисбалансом спроса и предложения на макроуровне предполагает разработку механизма количественной оценки спроса и предложения в профессионально-квалификационном разрезе и сводится к решению двух задач: 1) разработке метода расчета суммарного спроса и суммарного предложения в разрезе ИТ-профессий и квалификаций; 2) разработке метода оценки степени профессионально-квалификационной рассогласованности спроса и предложения, отражающей конъюнктуру рынка труда ИТ-специалистов.

Предложен авторский подход к оценке конъюнктуры

рынка труда, построенный на рассуждении о том, что традиционно принятые три состояния последнего (равновесное, трудодефицитное и трудоизбыточное) не позволяют описать широкий спектр состояний спроса и предложения, определяющих многообразие конъюнктурных ситуаций на рынке труда ИТ-специалистов. При этом каждая сложившаяся ситуация характеризуется определенным уровнем рассогласованности спроса и предложения, для уменьшения которой необходимо принятие соответствующего управленческого решения.

Разработан метод оценки степени количественного дисбаланса спроса и предложения на рынке труда ИТ-специалистов на макроуровне, базирующийся на нечеткой шкале рассогласованности. Предложен алгоритм нечеткой классификации состояний рынка труда ИТ-специалистов по степени рассогласованности спроса и предложения, для каждого класса нечетких состояний сгенерированы управленческие решения по сокращению степени дисбаланса в виде продукционных правил, отражающих модели рассуждений специалистов-экспертов.

#### ***6. Разработаны авторские методики мониторинга и расчета спроса и предложения на ИТ-специалистов в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана.***

Рассмотрены современные подходы к структуре отрасли ИТ и дан сравнительный анализ численности ИТ-специалистов, занятых в экономике различных стран, в том числе и в Азербайджане.

Проведен анализ современного состояния сектора ИКТ в Азербайджане; на основе статистических данных исследована динамика развития численности ИТ-специалистов по сектору ИКТ и выявлен почти неизменный рост потребности в ИТ-специалистах, противоречащий политике расширения сектора ИКТ и результатам мониторинга ИТ-сегмента рынка труда; выделены причины, которыми может быть обусловлена такая ситуация.

С целью выявления реального спроса и предложения на

ИТ-специалистов в Азербайджане проанализировано современное состояние ИТ-сегмента рынка труда страны с позиций его обеспеченности человеческими ресурсами. Разработана авторская методика расчета численности ИТ-специалистов по видам экономической деятельности и их совокупности, базирующаяся на экспертно-статистических оценках. Рассчитаны общая численность ИТ-специалистов, занятых в экономике Азербайджана, удельные веса ИТ-специалистов по сектору ИКТ и другим отраслям национальной экономики.

Анализ современного состояния ИТ-профильного образования в Азербайджане позволил разработать авторскую методику количественной оценки рынка предложения ИТ-специалистов, учитывающей показатели численности ИТ-выпускников и обязательного замещения оттока специалистов из ИТ-сегмента. Определены дисбаланс (соотношение) спроса и предложения на ИТ-специалистов на национальном уровне, по сектору ИКТ и по другим отраслям экономики.

Проведен мониторинг спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана на основе социологических опросов и анализа открытых интернет-ресурсов, исследована современная ситуация в сфере кадрового обеспечения ИТ-отрасли. Показаны проблемы, обуславливающие рассогласованность спроса и предложения на рынке труда. Дан анализ спроса и предложения в ИТ-сегменте рынка труда с позиций ИТ-специалистов, работодателей и экспертов.

Исследованы вопросы притока и оттока ИТ-специалистов и дана оценка доли ИТ-специалистов, сменивших сферу деятельности.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Azərbaycan Respublikasının inkişafı naminə informasiya və kommunikasiya texnologiyaları üzrə Milli Strategiya (2003-2012-ci illər). Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2003-cü il 17 fevral tarixli 1146 nömrəli Sərəncamı.  
<http://mincom.gov.az/assets/Uploads/KTMilliStrategiya3.doc>
2. “Azərbaycan 2020: Gələcəyə baxış” İnkişaf Konsepsiyası. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2012-ci il 29 dekabr tarixli Fərmanı.  
[http://president.az/files/future\\_az.pdf](http://president.az/files/future_az.pdf)
3. Azərbaycan Respublikasında informasiya cəmiyyətinin inkişafına dair 2014-2020-ci illər üçün Milli strategiya. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2014-cü il 2 aprel tarixli Sərəncamı. <http://president.az/articles/11312>.
4. Azərbaycan Respublikasında peşə təhsili və təliminin inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi.  
<http://edu.gov.az/upload/file/serencama-elave/2016/peshe-tehsil-yol-xeritesi.pdf>
5. Azərbaycan Respublikasında rabitə və informasiya texnologiyalarının inkişafı üzrə 2005-2008-ci illər üçün Dövlət proqramı (Elektron Azərbaycan)”. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2005-ci il 21 oktyabr tarixli 1055 nömrəli Sərəncamı.  
<http://e-qanun.az/framework/10778>
6. Azərbaycan Respublikasında rabitə və informasiya texnologiyalarının inkişafı üzrə 2010-2012-ci illər üçün Dövlət proqramı (Elektron Azərbaycan). Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin 11 avqust 2010-cu il tarixli 1056 nömrəli Sərəncamı. <http://president.az/articles/564>
7. Azərbaycanda təhsil, elm və mədəniyyət. Statistik məcmuə. <http://stat.gov.az>.
8. Demografik və sosial statistika. Əmək bazarı. Əmək ehtiyatları. [www.stat.gov.az/source/labour/](http://www.stat.gov.az/source/labour/)
9. Telekommunikasiya və informasiya texnologiyalarının

- inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli Fərmanı. <http://president.az/articles/22382>
10. Elektron Hökumət bülleteni, №35, noyabr 2015, 16 s. <https://e-gov.az/home/getfile/1100>
  11. <http://mincom.gov.az/>
  12. İnformasiya cəmiyyəti. İKT-nin əsas infrastruktur göstəriciləri. [http://stat.gov.az/source/information\\_society](http://stat.gov.az/source/information_society)
  13. Rəbitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyi. İllik hesabat, 2014, 48 səh.
  14. Аббасов А.М., Мамедова М.Г. Методы организации баз знаний с нечеткой реляционной структурой. Баку: Элм, 1997, 256 с.
  15. [www.boss.az](http://www.boss.az);
  16. [www.jobsearch.az](http://www.jobsearch.az)
  17. [www.rabota.az](http://www.rabota.az);
  18. Азьмук Н.А. Сущность, особенности и функции цифрового рынка труда // Вестник Киевского национального университета им. Т.Шевченко, 2015, №5(170), с.38–43.
  19. Азьмук Н.А. Взаимодействие рынков труда и высшего образования в контексте развития цифровых технологий // Економічний часопис-XXI, Киев: Інститут общественної трансформації, 2015, том.1, №7-8, с.98–101.
  20. Алдашов Б.А. Изучение особенностей виртуального рынка труда и занятости в Интернет-экономике. [http://rusnauka.com/36\\_PVMN\\_2012/Psihologia/14\\_123\\_536.doc.htm](http://rusnauka.com/36_PVMN_2012/Psihologia/14_123_536.doc.htm)
  21. Аллин О.Н., Сальникова Н.И. Кадры для эффективного бизнеса. Подбор и мотивация персонала, М.:Генезис, 2005, 248 с.
  22. Андрейчиков А.В., Кетько Н.В. Прогнозирование потребности в специалистах и состояние рынка труда г.Волгограда // Изв.вузов. Машиностроение, 2003, №7, с.69–73.

23. Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий. <http://apkit.ru>
24. Базылев Н.И. Экономическая теория: Учеб. пособие. М.:ИНФРА-М, 2011, 672 с.
25. Баскина Т. Техники успешного рекрутмента. 2-е изд., перераб. и доп., М. : Альпина Паблишер, 2014, 288 с.
26. Белова Л.Г., Стриженко А.А. Информационное общество: трансформация экономических отношений в мировой экономике. Монография. Барнаул: Азбука, 2007, 387 с.
27. Берестнева О.Г. Системные исследования и информационные технологии оценки компетентности студентов. Авт. дис. на соиск. уч. степ. д.т.н., Томск, 2007, 41 с.  
[http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/6372/1/thesis\\_tpu-2007-57.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/6372/1/thesis_tpu-2007-57.pdf)
28. Более половины ИТ-профессионалов не работают по специальности, полученной в вузе.  
<https://corp.mail.ru/ru/press/releases/9137>
29. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Крумберг О.А. и др. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. Рига: Зинатне, 1982, 256 с.
30. Бурмистрова Е.В. Методы и алгоритмы мониторинга и оценки качества образовательных услуг вуза. Авт. дис. на соиск. уч. степ. к.т.н., Новосибирск, 2007, 19 с.
31. Васильев В.Н., Гуртов В.А., Питухин Е.А. и др. Рынок труда и рынок образовательных услуг в субъектах Российской Федерации. М.: Техносфера, 2007, 680 с.
32. Выскребенцева М.В. Структура информационно-коммуникационных технологий / Сборники конференций НИЦ Социосфера, 2013, том 2, №56, с.101–104.  
<https://vivliophica.com/articles/economics/579169/>
33. Гайнанов Д.А., Галлямов Р.Р. Модель минимизации структурных дисбалансов рынка труда // Вестник

- УГАТУ, 200, Т.8, № 2, с. 89–92.
34. Ганбаров Э.И. Модели и методы прогнозирования некоторых аспектов рынка труда. Авт. дис. на соиск. уч. степ. к.э.н., Баку, 2007, 19 с.
  35. Ганбаров Э.И. Один подход к прогнозированию рынка труда // Известия НАНА. Серия гуманитарных и общественных наук (экономика), 2005, № 5, с.453–442.
  36. Гаськов В.М. Проблемы анализа спроса и предложения в образовании и обучении / Материалы Международной конференции «Профессионально-техническое образование и образование для устойчивого развития», Минск, 14–16 мая 2009 г., с.26–29.
  37. Гелета И.В. Современное состояние и перспективы рынка труда // Гуманитарные и социально-экономические науки, 2011, №1, с. 68–71.
  38. Гендерный аспект в цифровой экономике. Информационный бюллетень. №3(8), 2016. [https://issek.hse.ru/data/2016/04/28/1128533054/%D0\\_2016.pdf](https://issek.hse.ru/data/2016/04/28/1128533054/%D0_2016.pdf)
  39. Голубниченко М.В. Основные черты и виды виртуальной занятости // Известия Саратовского университета, 2008, том 8, с.20–22.
  40. Голятин А.О. Математическое моделирование и прогнозирование организованного рынка труда региона. Авт. дис. на соиск. уч. степ. к.э.н., Иваново, 2007, 18 с.
  41. Горелов Н.А. Экономика труда в контексте вызовов времени // Экономика труда, 2014, № 1 (1), с.7–28.
  42. Горелова И.В. Переход от кадровой функции к управлению человеческими ресурсами в сфере управления персоналом как стратегический фактор // Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике: Сб. науч. трудов, Волгоград: ВолгГТУ, 2003, №5, с.251–254.
  43. Гутнов Р.Р. Современная концепция управления человеческими ресурсами. М.:Изд. «Социум», 2007,

- 208 с.
44. Дефицит IT-специалистов в 2015 году составит 170 тысяч человек. УНИАН.  
[www.unian.net/society/871034-defitsit-it-spetsialistov-v-2015\\_html](http://www.unian.net/society/871034-defitsit-it-spetsialistov-v-2015_html)
  45. Диев В.С. Управленческие решения. Неопределённость, модели, интуиция. Новосибирск, 2001, 195 с.
  46. Диев В.С. Человек в процессах принятия решений. Новосибирск: Институт философии и права СО РАН, 1992, с.24
  47. Добровольский Д.В. Оптимальное распределение персонала по уровню квалификации // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2007, Выпуск № 2, с.304–308.
  48. Егоршин А.П. Управление персоналом: Учебник для вузов. 3 изд., Н.Новгород: НИМБ, 2001, с. 9.
  49. Еремичева О.Ю. Рынок труда как предмет анализа экономической науки // Экономические науки, М.: Экономические науки, 2008, №4 (41), с.89–93.
  50. Еремкин А.И. Трудоустройство выпускников вузов: инновационные модели // Высшее образование сегодня, 2004, № 7, с.10–15.
  51. Заде Л. Понятие лингвистических переменных и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976, 165 с.
  52. Зборовский Г.Е. Профессиональное образование и рынок труда // Социологические исследования, 2003, №4, с.99–106.
  53. Зенькова И.В. Рынок труда как социально-экономическая категория // Вестник Полоцкого государственного университета, сер.Д, Экономические и юридические науки, Полоцк: Издательство ПГУ, 2007, №2, с.90–94.
  54. Зимняя И.А. Компетентностный подход: каково его место в системе современных подходов к проблеме

- образования? (теоретико-методологический аспект) // Высшее образование сегодня, 2006, №8, с.20–26.
55. Зинченко А.А. Массовый подбор персонала в энергетической отрасли с использованием математических методов, М.: Экономика и предпринимательство, 2015, №7 (60), с.794–798.
56. Иванова Н.А. Конъюнктура рынка труда. <http://be5.biz/ekonomika/25.htm>
57. Ильин Е.М., Клупт М.А., Лисовик Б.С. и др. Прогнозирование рынка труда. Санкт-Петербург, СПб.: Левша, 2001, 458 с.
58. Илясов Е. Трудоустройство выпускников – задача учреждений профессионального образования // Высшее образование в России, 2004, № 2, с.84–93.
59. Иншаков Д., Иншакова А. ИТ-персонал: оценка, мотивация и развитие. [www.spbcioclub.ru/articles/member\\_public/2007/it-personal\\_razvitie](http://www.spbcioclub.ru/articles/member_public/2007/it-personal_razvitie)
60. ИТ-кадры 2010. Численность занятых в российской экономике 2009 г. и прогноз потребности на 2010–2015 гг. Аналитическое исследование центра REAL-IT, инициированное АП КИТ, 2010, 24 с. <http://apkit.ru/committees/education/projects/itcadry2010.php>
61. Калашников С. Развитие рынка труда – неотъемлемый элемент государственной политики // Человек и труд, 2005, №5, с.41–44.
62. Карелин В.П. Модели и методы представления знаний и выработки решений в интеллектуальных информационных системах с нечеткой логикой. Вестник ТИУЭ, Таганрог, №1, 2014, с.75–82.
63. Кашепов А.В., Сулашкин С.С., Малчинов А.С. Рынок труда: проблемы и решения. Монография, М: Научный эксперт, 2008, 232 с.
64. Кибанов А.Я., Дмитриева Ю.А. Управление трудоустройством выпускников вузов на рынке труда: монография, М.:НИЦ ИНФРА-М, 2014, 250 с.

65. Кинан К. Управление человеческими ресурсами. Эдинбургская бизнес-школа. М., 2008, 1024 с.
66. Конкурентный рынок труда.  
<https://utmagazine.ru/konkurentnyy-rynok-truda>
67. Корицкий А.В. Введение в теорию человеческого капитала: Учебное пособие. Новосибирск: СибУПК, 2000, 112 с.
68. Коровкин А.Г. Динамика занятости и рынка труда: вопросы макроэкономического анализа и прогнозирования. М.: МАКС Пресс, 2001, 320 с.
69. Коровкин А.Г. Макроэкономический анализ взаимосвязи динамики отраслевых рынков труда и системы образования // Проблемы прогнозирования, М.: ИНП РАН, 2005, №4, с.28–50.
70. Коровкин А.Г., Долгова И.Н., Королев И.Б. Структурная безработица и динамика системы профессионального образования в России / Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России. Кн. 2, Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007, с.213.
71. Косоруков О.А., Петрикова Е.М., Петрикова С.М. Макроэкономические методы прогнозирования рынка труда в региональной экономике // Региональная экономика: теория и практика, М.: ООО «Издательский дом Финансы и кредит», 2010, №45, с.10–25.
72. Котляр Э. Управление трудоустройством: региональный подход // Человек и труд, 2005, № 4, с.77.
73. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982, 432 с.
74. Кравец А.Г. Базовые концепции согласованного управления региональными ресурсами рынка труда и качеством подготовки специалистов / IV научно-практическая конференция «Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона», Санкт-

- Петербургский государственный электротехнический университет. Спб.: «ЛЭТИ», 2005, с.46–53.
75. Кравец А.Г. Согласованное управление ресурсами рынка труда и процессом подготовки специалистов. Авт. дис. на соиск. уч. степ. д.т.н., Астрахань, 2007, 42 с.
76. Краковский Ю.М., Карнаухова В.К. Стратегический анализ рынка труда специалистов с высшим образованием // Университетское управление: практика и анализ, 2004, №3, с.26–31.
77. Лайн М. Спенсер, Сайн М. Спенсер. Компетенции на работе. Модели эффективности работы. Пер. с англ., М: НИРРО, 2005, 384 с.
78. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. М.: Наука, 2006, 181 с.
79. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: Учебник. Изд. второе, перераб. и доп., М.: Логос, 2002, 392 с.
80. Левин В.И. Новое обобщение операции над нечеткими множествами // Известия РАН. Теория и системы управления, 2001, №1, с.143–146.
81. Лосева А.О. Формирование регионального рынка труда в современной России. Авт. дис. на соиск. уч. степ. к.соц.н., Москва, 2012, 25 с.
82. Макаров С.И. Анализ методов оценки компетентности на примере области ИКТ // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями, 17-18 апреля 2007 г., Сборник научных трудов, М.:МЭСИ, 2007, с.188–192.
83. Макаров С.И., Севастьянова С.А. Формирование и оценка профессиональных математических компетенций в экономическом вузе // Фундаментальные исследования, 2012, №3-3, с. 598–601.  
<https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=29764>
84. Макаров С.И., Борисов А.В. ИКТ компетентность в

- образовании // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями: 26-27 апреля 2006 г. Сборник научных трудов, М.: МЭСИ, 2006, с.310–315.
85. Макаров С.И., Борисов А.В. Компьютерное тестирование для определения информационно-коммуникационной компетентности // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями, 26-27 апреля 2006 г., Сборник научных трудов, М.:МЭСИ, 2006, с.288–291.
86. Мальтекбасов М.Ж., Скиба М.А. Проблема применения теории нечетких множеств для оценки эффективности продвижения студента по образовательной траектории // Вестник ПГУ, №2, 2010, стр.159–163.
87. Мамедзаде Ф.Р. Инновационный подход к процессам трудоустройства ИТ-специалистов / The Materials of the International scientific-practical conference on Cooperative governance and innovation development of economics, Baku, 31th of March 2011, pp. 266–269.
88. Мамедзаде Ф.Р. Качество человеческого капитала ИТ-специалистов как фактор развития инновационной экономики / «Azərbaycanda yüksək texnologiyaların texniki-iqtisadi problemləri» mövzusunda elmi-praktiki konfransın materialları, Azərbaycan Texniki Universiteti, 10-11 dekabr 2013, s.21–23.
89. Мамедзаде Ф.Р. Формирование спроса и предложения на ИТ-специалистов на основе модели компетенций // Проблемы информационных технологий, Баку, №2 (6), 2012, с.76–84.
90. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Нечеткая многокритериальная оценка потребности в ИТ-специальностях / International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics, Baku, 6-8 September 2010, pp.94–97.

91. Мамедова М.Г. Непрерывная профессиональная подготовка в Азербайджане // «Труд и социальные проблемы», Сб. трудов НИУЦ по труду и социальным проблемам, 2012, выпуск 2(10), с.6–19.
92. Мамедова М.Г. Отраслевые советы: европейский опыт и ситуация в Азербайджане // «Əmək və sosial problemlər» elmi əsərlər toplusu, 2(12)-ci buraxılış, ƏSP ETM, 2013, s.6–16.
93. Мамедова М.Г. Принятие решений на основе баз знаний с нечеткой реляционной структурой. Баку: Элм, 1997, 296 с.
94. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Нечеткие многокритериальные методы для поддержки принятия решений по отбору ИТ-специалистов // Приложение к журналу «Информационные технологии», 2011, №9, с.17–23.
95. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Нечёткая многокритериальная модель поддержки принятия решений в задачах управления персоналом // Проблемы информационных технологий, Баку, 2012, №2, стр.37–46.
96. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Планирование и прогнозирование рынка труда на основе методики многовариантного сценарного анализа // Искусственный интеллект, НАН Украины, Ин-т проблем ИИ, №4, 2006, с.433–442.
97. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Методы управления согласованием спроса и предложения на рынке труда специалистов по информационным технологиям. Информационные технологии, №4, том 21, 2015, с.286–295.
98. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Интеллектуальное управление рынком труда ИТ-специалистов // Образовательные ресурсы и технологии, №4, 2014 (7), стр.36–40.
99. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р.

- Метод оценки степени дисбаланса спроса и предложения на основе нечеткой шкалы рассогласованности // Образовательные ресурсы и технологии, №4, 2014 (7), стр. 9–13.
100. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Система поддержки принятия решений в управлении человеческими ресурсами // Образовательные ресурсы и технологии, №4, 2014 (7), стр.27–32.
  101. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Ситуационное управление рынком труда специалистов по информационным технологиям // *İnformasiya texnologiyaları problemləri*, 2014, №1, s.9–17.
  102. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Спрос и предложение в ИТ-сегменте рынка труда Азербайджана // *İnformasiya texnologiyaları problemləri*, 2016, №2, s.107–122.
  103. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Мамедзаде Ф.Р. Управление рынком труда специалистов по информационным технологиям в условиях нечеткой исходной информации. Автоматика и вычислительная техника, №2, 2015, стр.34–42.
  104. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г., Манафлы М.И. Мониторинг потребности в специалистах по информационным технологиям. Баку: «Информационные технологии», 2009, 199 с.
  105. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Качественный анализ ИТ-образования в Азербайджане с позиций спроса и предложения // «*Əmək və sosial problemlər*» elmi əsərlər toplusu, 3(11)-ci buraxılış, ƏSP ETMM, 2012, s.6–16.
  106. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Концептуальные подходы к интеллектуальному управлению рынком труда ИТ-специалистов // Проблемы информационных технологий, Баку, № 2(8), 2013, с.33-44.
  107. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Объектно-ориентированный подход к определению

- релевантности информационно-технологического образования спросу на рынке ИТ-специалистов // Образование и наука, Москва, №5, 2014, стр.54–67.
108. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Определение релевантности информационно-технологического образования спросу на рынке ИТ-специалистов // Инновационные проекты и программы в образовании, №3, 2015, стр.75–80.
109. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Оценка потребности в ИТ-специальностях при нечеткой исходной информации // Искусственный интеллект, 2010, №4, с.522–527.
110. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Разработка концептуальных основ интеллектуального управления спросом и предложением на рынке труда специалистов по информационным технологиям // Восточно–Европейский журнал передовых технологий, 2015, том 4, №3(76), с.53–67.
111. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Современные подходы к модернизации управления спросом и предложением на рынке ИТ-специалистов / Сб. докладов по материалам Девятой Всероссийской научно-практической интернет-конференции «Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России», Петрозаводск, 31 октября – 1 ноября 2012 г., книга I, с. 196–201.
112. Мамедова М.Г., Махмудов М.А., Мамедзаде Ф.Р. Азербайджан: современные проблемы и технологии согласования спроса и предложения на рынке труда / Материалы VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы профессиональной ориентации и профессионального обучения населения», Киев, 29-30 ноября, 2012 г., с.105–117.
113. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Разработка метода

- оценки общей численности ИТ-специалистов в Азербайджане // Проблемы информационных технологий, Баку, № 1, 2018, с.59–71.
114. Мамедова М.Г., Мамедзаде Ф.Р. Метод количественной оценки рынка предложения ИТ-специалистов в Азербайджане // Проблемы информационного общества, Баку, №1, 2018, с.27–38.
  115. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.:Наука, 1990, 272 с.
  116. Минькович Т.В. Информационные технологии: понятийно-терминологический аспект // Образовательные технологии и общество, 2012, с.371–389.
  117. Мисиченко Н.Ю. Модель трудоустройства выпускников вуза в системе обеспечения качества подготовки специалистов // Вестник Ростовского государственного экономического университета «РИНХ», 2009, №1 (27), с. 260–270.
  118. Мокичев С.В., Тукмаков А.Л. Трансформация рынка труда в условиях развития информационной экономики // Экономические науки, №7(80), 2011, с.21–25.
  119. Муравьева А.А., Олейникова О.Н., Коулз М. Принципы и процедуры разработки национальной рамки квалификаций. М.: Центр изучения проблем профессионального образования, 2006, 160 с.
  120. Надгериева Г.О., Билута А.А. Использование информационных коммуникационных технологий в образовательном процессе // Международный журнал экспериментального образования, 2014, №10, с.217–219.
  121. Некрестьянова С.Я. Национальный рынок труда: принципы его формирования и развития // «Российское предпринимательство», 2008 г., №6, с.147–150
  122. Никитенкова М.А. Развитие американского сектора ИКТ как локомотива конкурентоспособности

- национальной экономики США: адаптация зарубежного опыта для применения в России // Россия и Америка в XXI веке, 2016, №1. <http://rusus.ru/?act>
123. Ноздрачева В.А., Карманова Ю.А. Методика прогнозирования потребностей региональной экономики / Материалы Международной научно-технической интернет-конференции, Орел, 2011, с.74–80.
  124. Обзор и оценка перспектив развития мирового и российского рынков ИТ. <https://company/moex/250463>.
  125. Одегов Ю.Г., Руденко Г.Г., Лунева Н.К. Рынок труда (практическая макроэкономика труда): Учебник. М.: Альфа-Пресс, 2007, 42 с.
  126. Олейникова О.Н., Муравьева А.А. и др. Модульные технологии: проектирование и разработка образовательных программ. М.: Альфа-М, 2010, 256 с.
  127. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981, 212 с.
  128. Особенности поведения сотрудников ИТ в современных организациях. <http://knowledge.allbest.ru/management/2c0a65625a2ad68b5c43.html>
  129. Плетнев А.В. Разработка модели стимулирования труда специалистов // Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике: Сб. науч. трудов, Волгоград: ВолгГТУ, 2002, №6, с.115–117.
  130. Попов Э.В. Экспертные системы: решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ, М.: Наука, 1987, 288 с.
  131. Прогнозирование и сбалансирование спроса на профессиональные умения и их предложения в странах – партнерах ЕФО. Документ с изложением позиции ЕФО. 2016, 38 с.
  132. Рофе А.И. Рынок труда, занятость населения, экономика ресурсов для труда. М.: МИК, 2008, 190 с.
  133. Рынок. Виды рынков. <http://rinkov.ru/>
  134. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа

- иерархий. М.: Радио и связь. 1993, 320 с.
135. Сигова С.В. Государственное регулирование сбалансированности рынка труда в современной России. Авт. дис. на соиск. уч. степ. д.э.н., Москва, 2011, 51 с.
  136. Сизова И.И., Макаров С.С. Ситуационная модель принятия решений в задаче управления кадрами предприятия // Известия ТРТУ, Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР», Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, №8(63), с.191–196.
  137. Сизова И.И., Финаев В.И. Информационная система поддержки принятий решений при управлении персоналом // Межвузовский сборник научных трудов «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем», Рязань:РГРА, 2006, с.61-65.
  138. Симанова И. «Реальный» рекрутинг и интернет-рекрутинг: за и против. <http://aviconn.com/press/realnyiy-rekruting-i-internet-rekruting-za-i-protiv.html>
  139. Смирнов В.Т., Сошников И.В., Власов Ф.Б., Скоблякова И.В. Управление человеческим капиталом. Орел ГТУ, 2005, 276 с.
  140. Сорина Г.В. Основы принятия решений. М.: Экономист, 2004, с.68–70.
  141. Спрудэ К.А. О трансформации понятий «квалификация» и «компетенция» в условиях перехода к постиндустриальному обществу // Проблемы современной экономики, 2007, №3 (23).<http://m-economy.ru/art.php?nArtId>
  142. Стародумова Е.В. Особенности труда в информационную эпоху экономического развития. [www.poisk2020.ru/trud.poisk/doc/Starodumova.doc](http://www.poisk2020.ru/trud.poisk/doc/Starodumova.doc)
  143. Судьин К.Н. Анализ методов оценки эффективности управления персоналом промышленного предприятия // Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике: Сб. науч. трудов, Волгоград: ВолГТУ, 2003, №7, с.216–221.

144. Сукейри Р.М. Планирование замещения кадров в организациях системы Организации Объединенных Наций. Женева, 2016, 115 с.
145. Тархов С.В., Шагиева Ю.Р. Метод оценки соответствия уровня подготовки специалиста требованиям рынка труда // Современные проблемы науки и образования, 2012, №2. <https://science-education.ru/pdf/2012/2/320.pdf>
146. Татур Ю.Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалистов // Высшее образование сегодня, М.: ООО Издательская группа «Логос», 2004, № 3, с.20–26.
147. Тельнов Ю.Ф. Совершенствование подготовки ИТ-специалистов по направлению «Прикладная информатика» / Сборник научных трудов Научно-методической конференции «Совершенствование подготовки ИТ-специалистов по направлению «Прикладная информатика» на основе инновационных технологий и e-Learning», М.: МЭСИ, 2005, с.73–80.
148. Тихомирова Т. Торгуют ли на рынке труда? // Человек и труд, 2009, № 4, с.62–63.
149. Томилов В.В., Семеркова Л.Н. Маркетинг рабочей силы. СПб.: Изд. СПбУЭФ, 1997, 84 с.
150. Трахтенгерц Э.А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления, 2001, №3, с.86–103.
151. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений, М.: Синтег, том 1, 2009, 172 с.
152. Удовенко И.М. Беларусь: рынок труда в условиях социально-экономической трансформации // Рынок труда: современное состояние и перспективы развития: Сб. научных трудов, Минск: НИЭИ Минэкономики РБ, 1999, 152 с.

153. Фадеева Е.А. Формирование мотивационной среды организации через построение системы стимулирования // Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике: Сб. науч. трудов, Волгоград: ВолгГТУ, 2003, №7, с.148–154.
154. Федянина О.П. Интеллектуализация поддержки решений по управлению персоналом организации на основе нечетких моделей знаний. Авт. дис. на соиск. уч. степ. к.т.н., Воронеж, 2004, 25с.
155. Финаев В.И., Сизова И.И. Задача подбора кадров для энергетических предприятий // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Актуальные проблемы производства и потребления электроэнергии», Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005, №11(55), с.141–147.
156. Чурляева Н.П. Обеспечение качества подготовки инженеров в рыночных условиях на основе компетентностного подхода. Авт. дис. на соиск. уч. степ. д.п.н., Красноярск, 2007, 41 с.
157. Шашенкова М.А. Разработка математических и инструментальных средств интеллектуальной оценки персонала при управлении человеческим капиталом. Авт. дис. на соиск.уч. степ. к.э.н., Иваново, 2006, 19 с.
158. Шекшня С.В. Управление персоналом современной организации. Учебно-практическое пособие. Изд. 5-е, перераб. и доп., М.:ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2002, 368 с.  
<http://alleng.ru/d/manag/man303.htm>
159. Шишков Е.Е. Эволюция теорий международного разделения труда // Мировая экономика и международные отношения, М.: Наука, 2009, №2, с.13–18.
160. Шлендер П.Э., Кокин Ю.П. Экономика труда: Учебник. М.: Юристъ, 2003, 592 с.
161. Экономика труда / Под ред. М.А.Винокурова, Н.А. Горелова. Спб.: Питер, 2004, 656 с.
162. Экономика труда. Социально-трудовые отношения: Учебник / Под ред. Н.А.Волгина, Ю.Г.Одегова, М.:

- «Экзамен», 2009, 736 с.
163. Anticipating skill needs of the labour force and equipping people for new jobs. Which role for Public Employment Services in early identification of skill needs and labour up-skilling? Final report October 2010, DTI/ÖSB/IER
  164. Armstrong M. Armstrong's Handbook of Human Resource Management. 10th edition, L: Kogan Page L'td., 2006, 216 p.
  165. Armstrong M. Strategic Human Resource Management: A Guide to Action, L: Kogan Page Ltd., 2008.
  166. Arnold J. Work Psychology: Understanding Human Behaviour in the Workplace / J. Arnold, J. Silvester, 5th edition, London: Pearson Education, 2010, 848 p.
  167. Avram A. IDC Study: How Many Software Developers Are Out There?, 2014.  
<https://infoq.com/news/2014/01/IDC-software-developers>
  168. Baldwin J. Evidential Support Logic Programming // Fuzzy Sets and Systems, 2007, vol.24, no.6, pp.1–26.
  169. Bellman R., Zadeh L.A. Decision-making in fuzzy environment // Management Science, 1970, vol.17, pp.141–164.
  170. Castillo-Merino D., Serradell-Lopez E. An analysis of the determinants of students' performance in e-learning // Computers in Human Behavior, 2014, vol.30, pp.476–484.
  171. Cattaneo, G., Kolding M., Lifonti R., Hüsing T., Korte W.B. Anticipating the development of the supply and demand of e-skills in Europe 2010–2015. Milan, Bonn: European Commission, 2009, 143 c.
  172. Cedefop, European agency for vocational education and training. [www.cedefop.europa.eu](http://www.cedefop.europa.eu)
  173. Christof Wielemaker. Study on knowledge, skills and competences. CEDEFOP 2010, 76 p.
  174. Cox Michael W., Alm R., Dymerska J. Labor Market Globalization in the Recession and Beyond // Economic Letter – Insights from Federal Reserve Bank of Dallas, 2009, vol.4, no.10.

- <http://dallasfed.org/research/eclett/2.htm>
175. Daft R. *New Era of Management*, Masón: Thomson South-Western, 2008.
  176. Didero M., HusingT., KorteW.B. *Monitoring e-Skills demand and supply in Europe: Synthesis report “The evolution of the supply and demand of e-Skills in Europe”*. European Commission, 2009, 58 p.
  177. DoraScholarios, Esther Van Der Schoot, Beatrice Van Der Heijden. *Employability Management Needs Analysis for the ICT sector in Europe: The Case of Small and Medium-sized Enterprises // Journal of Centrum Cathedra (JCC)*, 2005, pp.182–197.
  178. Doucek P., Nedomova L., Maryska M. *Differences between Offer and Demand on the ICT specialist’s Czech Labor Market // Journal of Management, Information Systems and Human Resources (Organizacija)*, 2012, vol. 45, №6, pp.261–275. doi:10.2478/v10051-012-0026-0.
  179. Druker P.F. *Innovation and Entrepreneurship*. L.: Harper Collins Publishers Inc., 2006. 288 p.
  180. *E-Skills for Jobs in Europe*. [www.eskills2014.eu](http://www.eskills2014.eu)
  181. *European Vacancy Monitor (EVM)*.2012.  
<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=955&langId=en>
  182. Eurostat regional Year book 2015, 312 p.  
<http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7018888/KS-HA-15-001-EN-N.pdf>
  183. Eurostat Yearbook 2004. *The statistical guide to Europe Data 1992-2002*, 280 p.
  184. Fasih T. *Linking Education Policy to Labor Market Outcomes*. Washington: The World Bank, 2008, 108 p. doi:10.1596/978-0-8213-7509-9
  185. Fatima Suleman, Abdul Suleman. *Rating and ranking: a fuzzy approach to individual bundle of competence*.  
<http://decowe.org/static/uploadedlarea.pdf>
  186. Feiler L., Fetsi A., Kuusela T., Platon G. (2013). *Anticipating and matching demand and supply of skills in ETF partner countries*. Working paper for the European

- Training Foundation. <http://www.etf.europa.eu/>
187. Fiore A., Mainetti L., Vergallo R. An Innovative Educational Format Based on a Mixed Reality Environment: A Case Study and Benefit Evaluation / International Conference on E-Learning, E-Education, and Online Training, Springer International Publishing, 2014, pp.93–100.
  188. Forecast and anticipation for skills demand and supply in ETF partner countries. Working paper for the European Training Foundation. 2013. [www.etf.europa.eu](http://www.etf.europa.eu)
  189. France Strategy. [www.cereq.fr/](http://www.cereq.fr/)
  190. Frey C.B., Osborne M.A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation, 2013, T.7, p.72.
  191. Frey T. Future Jobs: Preparing for Jobs that don't yet exist. 2014.  
<http://futuristspeaker.com/2014/03/162-future-jobs-preparing-for-jobs>
  192. Fuchs C., Sevignani S. What is digital labour? What is digital work? What's their difference? And why do these questions matter for understanding social media? // TripleC: Communication, capitalism & critique. Open access journal for a global sustainable information society, 2013, vol.11, no.2, pp.237–293.
  193. Global Freelancer Survey. <https://elance.com>.
  194. Greene W.H. Econometric Analysis, 7th edition, New Jersey:Prentice Hall, 2012, 1241 p.
  195. Hilbe J.M. Logistic Regression Models, Abingdon: Chapman & Hall/CRC Press, 2009, 656 p.
  196. Hüsing T, Korte W., Dashja E. e-Skills in Europe. Trends and Forecasts for the European ICT Professional and Digital Leadership Labour Markets (2015-2020). Working Paper, 2015, 42 p.
  197. IDC Introduces Russia ICT Market Outlook, 2015. <http://crisis.idcrussia.com/>
  198. IDC Releases 2014 Worldwide Software Developer and ICT-Skilled Worker Estimates.

- <http://businesswire.com/news/20131217005316/en/ICT-Skilled>
199. Information Economy Report, 2010: ICTs, Enterprises and Poverty Alleviation / United Nations Conference on Trade and Development, United Nations Publication, New York and Geneva, 172 p.
  200. Kirsten B., Keicher I. Creative Work: Business der Zukunft. Kelkheim:Zukunftsinstitut GmbH, 2007, 145 s.
  201. Labour market: demand and supply of labour.  
<http://dineshbakshi.com/igcse-gcse-economics/labour-market>
  202. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.Q., Mammadzada F.R. Fuzzy Multi-scenario Approach to Decision-Making Support in Human Resource Management // Recent Developments and New Direction in Soft-Computing Foundations and Applications, Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer International Publishing Switzerland 2016, vol.342, pp.19–36.
  203. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G., Mammadzada F.R. Intelligent Management of the Unbalance Supply Chain and Demand in the Labor Market for IT Specialists // International Journal of Supply Chain Management, IJSCM, vol.7, no.4, August 2018, pp.347-354.
  204. Mammadova M., Mammadzadeh F. Formation of supply and demand for IT Specialists on the base of competency model / IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI-2012), Baku,v.IV, sept.12-14, 2012, pp.199–201.
  205. Mammadova M.G., Jabrayilova Z.G., Mammadzada F.R. Fuzzy management of imbalance between supply and demand for IT specialists //In book Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing. Recent Developments and the New Direction in Soft-Computing Foundations and Applications. Springer International Publishing Switzerland, 2018, vol.361, pp.223–234.
  206. Mammadova M., Jabrailova Z.G., Mammadzada F.R. Fuzzy

- Decision-Making Support Methods for the Selection of IT-Professionals // International Journal of Engineering and Innovative Technology, vol.3, issue 7, 2014, pp.169–175.
207. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G, Mammadzada F.R. Approaches to harmonize supply and demand in the labor market of IT professionals // Journal of Scientific Research and Development, 2016, issue 3(1), pp.115–127.
  208. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G., Mammadzada F.R. Fuzzy multicriterial methods for the selection of IT-professionals // International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering (IJISAE), 2015, vol.3, no.2, pp.40–45.
  209. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G., Mammadzada F.R. Fuzzy multi-scenario approach to human resource management / Proceedings the 4th World Conference of Soft Computing (WConSC2014), Berkeley, California, May 25-27, 2014, pp.302–308.
  210. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G., Mammadzada F.R. Managing the IT Labor Market in Conditions of Fuzzy Information. Automatic Control and Computer Sciences, 2015, vol.49, no.2, pp.88–93.
  211. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G.Mammadzada F.R. Fuzzy approach to estimate the demand and supply quantitative imbalance at the labor market of information technology specialists // International journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 2015, vol.3, no.4, pp.140–143.
  212. Mammadova Masuma, Jabrayilova Zarifa, Mammadzada Faig. Application of fuzzy situational analysis for IT-professionals labor market management / 2nd International IEEE Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE 2015), 24-26 April 2015, Shanghai, China, 143-146 (IEEE).
  213. Mammadova Masuma, Jabrayilova Zarifa, Mammadzada Faig. Fuzzy estimating method for quantitative imbalance

- of demand and supply of information technology specialists // *İnformasiya Texnologiyaları Problemləri*, Bakı, 2015, №1, s.17–24.
214. Mammadova Masuma, Jabrayilova Zarifa, Mammadzada Faig. Fuzzy multicriterial methods for the selection of IT-professionals / *International Conference on Advanced Technology & Sciences (ICAT'14)*, Antalya, Turkey, 12-15 August, 2014, pp.1044–1049.
  215. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G., Mammadzada F.R. Fuzzy Multi-scenario Approach to Decision-Making Support in Human Resource Management // *Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing. Recent Developments and New Direction in Soft-Computing Foundations and Applications*. Springer International Publishing Switzerland, 2016, vol.342, pp.19–36.
  216. McGuinness S., Pouliakas K., Redmond P. How useful is the concept of skills mismatch?. ILO, Geneva, 2017, 44 p.
  217. Measuring skills mismatch. Analytical Web Note. European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015, 44 p.
  218. Measuring the Information Society, ITU, 2013, p.233.
  219. Monitoring e-Skills Demand and Supply in Europe. The Evolution of the supply and demand e-skills in Europe, 2010. <http://ec.europa.eu/enterprise/ict/.pdf>
  220. Monitoring the Digital Economy and Society 2016-2021 / European Commission, 2015, 52 p. <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/Monitoring>
  221. National Observatory of Employment and Training (NOET). [www.nvf.cz/narodni-observator](http://www.nvf.cz/narodni-observator).
  222. Nobari S. Design of Fuzzy Decision Support System in employee recruitment // *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2011, 1(11), pp.1891–1903.
  223. Online Work Report. United States, 2014 Full Year Data. <http://elance-odesk.com/online-work-report-us>.
  224. Pettersen N., Durivage A. The Structured Interview Enhancing Staff Selection // *Personnel Psychology*, 2010,

- vol.63, pp.250–255.
225. Pouliakas K.A Balancing Act at Times of Austerity: Matching the Supply and Demand for Skills in the Greek Labour Market // Discussion Paper, Cedefop and IZA, 2014, no.7915, 43 p. <http://ftp.iza.org/dp7915.pdf>
  226. Publications Expert Group on Future Skills Needs (EGFSN). <http://skillsireland.ie/Publications/>
  227. Reiter-Palmon R., Young M., James J. Occupationally-Specific Skills: Using Skills to Define and Understand Jobs and their Requirements // Human Resource Management Review, 2006, vol.16, issue 3, pp.356–375.
  228. Research Centre for Education and Labour Market of the Maastricht University (ROA). <https://maastrichtuniversity.nl/research-centre-lab-market>.
  229. Research Study on High-Level Skill Needs in NIICT Sector. Final Report. Oxford Economics, 2009, 129 p.
  230. Richardson M.A. Recruitment strategies // Managing/effecting the recruitment process, 2012, no.1, pp.1–24.
  231. ROA-R-2014/5. Schoolverlaters tussen onderwijs en arbeidsmarkt 2013. Maastricht, Juli 2014, 236 p.
  232. Roodt J., Paterson A. ICT skills in the labour market: An occupational-level analysis focusing on computer professionals and associate professionals, 1996-2005 / Research Commissioned by Department of Labour South Africa, 2008, 68 p.
  233. Sampath Kumar B.T., Manjunath G. Internet use and its impact on the academic performance of university teachers and researchers: A comparative study // Higher Education, Skills and Work-based Learning, 2013, № 3 (3), pp.219–238.
  234. Scholz T. Digital Labour. The Internet as Playground and Factory. New York: Routledge, 2012, 272 p.
  235. Seo H.J. et al. The impact of information and communication technology on skilled labor and organization types // Information Systems Frontiers, 2012, vol.14, no.2, pp.445–455.

236. Simon H.A. The structure of ill structured problems // Artificial Intelligence. 1973, vol.4, no.3–4, pp.181–201.
237. Skill mismatch Identifying priorities for future research. Cedefop research arena. Thessaloniki, May 2009, 24 p.
238. Skills mismatch experimental indicators.  
<http://ec.europa.eu/eurostat/skills/exp>
239. Skills supply and demand in Europe. Methodological framework. CEDEFOP European Centre for the Development of Vocational Training, research paper, Luxembourg: Publications Office of the European Union, no.25, 2012, 156 p.
240. Skills, qualifications and jobs in the EU: the making of a perfect match? Cedefop, 2015.  
<http://cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/>
241. Sugeno M. Theory of Fuzzy Integral and Its Application. PhD Thesis, Tokyo Institute Of Technology, Japan, 1974.
242. Terranova T. Free Labor: Producing Culture for the Digital Economy, vol.18, no.2, 2000, pp.33–58.
243. There are 18.5 million software developers in the world – but which country has the most?  
<http://techrepublic.com/blog/european-technology/>
244. Ticol D. Labour supply/demand dynamics of Canada's information and communications technology (ICT) sector. Final Report /Nordicity, 2012, 30 p.
245. Using labour market information. Guide to anticipating and matching skills and jobs. Luxembourg: Publications Office of the European Union, vol.1, 2016.  
[www.cedefop.europa.eu/files/2215\\_en.pdf](http://www.cedefop.europa.eu/files/2215_en.pdf)
246. Van der Heijden B. I., van der Schoot E., Scholarios D., Marzec I., Bozionelos N., Epitropaki O., Jędrzejowicz P., Knauth P., Mikkelsen A., van der Heijde C. Employability Management Needs Analysis for the ICT sector in Europe: The Case of Small and Medium-sized Enterprises. Journal of CENTRUM Cathedra: The Business and Economics Research Journal, 2010, vol.3, no.2, pp.182–200.

247. Wennergren D.M. Forecast of Future IT Labor Supply and Demand. U.S., 2007.  
<http://dodcio.defense.gov/Home/Initiatives/Net>
248. What is the age limit to start career as software engineer?  
<https://www.quora.com/What-is-the-age-limit-to-start-career-software-engineer>
249. Why the labour market will require a virtual organisation 10 years from now, 2015. <https://dzone.com/articles/why-labour-market-will-require>
250. Winterton J, Françoise Delamare - Le Deist, Stringfellow E. Typology of knowledge, skills and competences: clarification of the concept and prototype / Cedefop, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006, 140 p.
251. Zadeh L.A. Fuzzy Logic = Computing with Words // IEEE Transactions on Fuzzy Systems, may 1996, vol.4, no.2, 103–111.
252. Zadeh L.A. Fuzzy logic and approximate reasoning // Synthese, 1975, vol.30, pp.407–428.
253. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control, 1965, 8, pp.338–353.
254. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning // Information Sciences, 1975, vol.8, no.3, pp.199–249.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

В приложении представлены Формы статистической отчетности, на основе которых было сформировано множество показателей, косвенно характеризующих потребность в ИТ-специалистах и использованных для расчета численности ИТ-специалистов в разрезе ВЭД (П.5.1 – П.5.6) [12].

В этом же приложении приведен контент запроса для проведения экспертной оценки численности ИТ-специалистов в зависимости от ИКТ-инфраструктуры, которой пользуются организации, и интервала количественной вариации численности работников в них (П.5.7).

Таблица П.5.1.

Число организаций по ВЭД, использовавших компьютеры, ед.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>В целом по стране</b>	7809	10221	10826	11526	11899	12100
в том числе:						
Горнодобывающая промышленность	94	104	125	161	165	168
Обрабатывающая промышленность	753	817	878	943	950	955
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом	157	174	178	186	187	187
Водоснабжение, очистка загрязненных вод и отходов	107	146	153	173	175	177
Строительство	805	826	903	931	977	978
Торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	915	918	925	932	934	958
Организация проживания и общественное питание	83	110	134	139	146	146
Транспорт	347	388	399	404	428	444
Информация и связь	293	378	395	411	456	471
Финансовая и страховая деятельность	356	990	975	1086	102	1128
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	40	112	118	129	193	209
Профессиональная, научная и техническая деятельность	538	913	953	958	960	976
Предоставление административных и вспомогательных услуг	150	312	314	320	358	373
Государственное управление и защита; обязательное социальное обеспечение	1753	2089	2152	2417	2435	2458
Образование	485	533	733	830	904	925
Здравоохранение и социальные услуги	409	476	531	542	554	561
Деятельность в области отдыха, развлечений и искусства	246	316	317	322	329	334
Предоставление услуг в прочих областях	278	619	643	642	646	652

Таблица П.5.2.

Число организаций по ВЭД, имеющих выход в Интернет, ед.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>В целом по стране</b>	4600	6433	7749	8372	9288	9712
в том числе:						
Горнодобывающая промышленность	70	95	107	138	140	155
Обрабатывающая промышленность	511	634	730	785	791	852
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом	117	158	162	170	175	179
Водоснабжение, очистка загрязненных вод и отходов	57	98	119	135	140	156
Строительство	354	571	721	771	838	847
Торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	799	841	845	858	865	889
Организация проживания и общественное питание	63	84	90	104	119	133
Транспорт	210	258	300	306	363	395
Информация и связь	239	315	341	362	407	448
Финансовая и страховая деятельность	248	760	807	958	962	985
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	26	83	87	91	167	188
Профессиональная, научная и техническая деятельность	399	577	686	694	753	780
Предоставление административных и вспомогательных услуг	106	198	218	222	295	315
Государственное управление и защита; обязательное социальное обеспечение	433	542	892	1001	1287	1309
Образование	450	523	693	784	869	891
Здравоохранение и социальные услуги	249	318	399	414	485	498
Деятельность в области отдыха, развлечений и искусства	120	173	188	198	240	263
Предоставление услуг в прочих областях	149	205	364	381	392	429

Таблица П.5.3.

Распределение числа организаций, использовавших компьютеры,  
по численности занятых (2015 г.)

	Всего	В том числе				
		1–4 работ- ника	5–9 работ- ников	10–49 работни- ков	50–249 работ- ников	250 и более
<b>В целом по стране, единиц</b>	<b>12100</b>	<b>3064</b>	<b>1914</b>	<b>4091</b>	<b>2222</b>	<b>809</b>
в процентах (%)	100	25,2	15,8	34,0	18,4	6,6
Горнодобывающая промышленность	168 100	32 19,0	22 13,1	55 32,7	24 14,3	35 20,8
Обработывающая промышленность	955 100	159 16,6	140 14,7	346 36,2	227 23,2	83 8,7
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом	187 100	3 1,6	1 0,5	22 11,8	136 72,7	25 13,4
Водоснабжение, очистка загрязнен. вод и отходов	177 100	5 2,8	2 1,1	64 36,2	81 45,8	25 14,1
Строительство	978 100	203 20,8	156 16,0	302 30,9	260 26,6	57 5,8
Торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	958 100	...	242 25,3	488 50,9	182 19,0	46 4,8
Организация проживания и общественное питание	146 100	23 15,8	20 13,7	54 37,0	32 21,9	17 11,6
Транспорт	444 100	84 18,9	57 12,8	179 40,3	83 18,7	41 9,2
Информация и связь	471 100	133 28,2	88 18,7	133 28,2	92 19,5	25 5,3
Финансовая и страховая деятельность	1128 100	165 14,6	210 18,6	673 59,7	5,1	23 2,0
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	209 100	76 36,4	44 21,1	56 26,8	23 11,0	10 4,8
Профессиональная, научная и техническая деятельность	976 100	261 26,7	146 15,0	339 34,7	176 18,0	54 5,5
Предоставление административных и вспомогательных услуг	373 100	110 29,5	71 19,0	115 30,8	63 16,9	14 3,8
Государственное управление и защита; обязательное социальное обеспечение	2458 100	1305 53,1	391 15,9	585 23,8	149 6,1	28 1,1
Образование	925 100	94 10,2	53 5,7	242 26,2	364 39,4	172 18,6
Здравоохранение и социальные услуги	561 100	53 9,4	67 11,9	188 33,5	150 26,7	03 18,4
Деятельность в области отдыха, развлечений и искусства	334 100	31 9,3	39 11,7	130 38,9	89 26,6	45 13,5
Предоставление услуг в прочих областях, в ед. и %	652 100	327 50,2	165 25,3	120 18,4	34 5,2	6 0,9

Таблица П.5.4.

Распределение числа организаций, имеющих выход в Интернет,  
по численности занятых (2015 г.)

	Всего	В том числе				
		1–4 работ- ника	5–9 работ- ников	10–49 работ- ников	50–249 работ- ников	250 и более
<b>В целом по стране</b>	<b>9712</b>	<b>1584</b>	<b>1526</b>	<b>3571</b>	<b>2222</b>	<b>809</b>
в том числе:						
Горнодобывающая промышленность	155	25	20	51	24	35
Обрабатывающая промышленность	852	113	113	316	227	83
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом	179	2	2	14	136	25
Водоснабжение, очистка загрязненных вод и отходов	156	8	7	35	81	25
Строительство	847	140	127	263	260	57
Торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	889	...	205	456	182	46
Организация проживания и общественное питание, в ед.	133	15	16	53	32	17
Транспорт	395	25	62	184	83	41
Информация и связь	448	112	87	132	92	25
Финансовая и страховая деятельность	985	129	176	600	57	23
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	188	62	38	55	23	10
Профессиональная, научная и техническая деятельность	780	173	95	282	176	54
Предоставление административных и вспомогательных услуг	315	86	60	92	63	14
Государственное управление и защита; обязательное социальное обеспечение	1309	403	249	80	149	28
Образование	891	94	39	222	364	172
Здравоохранение и социальные услуги	498	25	60	160	150	103
Деятельность в области отдыха, развлечений и искусства	263	20	38	71	89	45
Предоставление услуг в прочих областях	429	152	132	105	34	6

Таблица П.5.5.

Удельный вес организаций по ВЭД, использовавших компьютеры, от числа всех функционирующих организаций страны, в процентах (%)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>В целом по стране</b>	47,3	56,3	57,1	57,8	58,6	63,1
в том числе:						
Горнодобывающая промышленность	32,8	40,2	48,3	60,5	61,2	61,5
Обрабатывающая промышленность	43,4	60,0	61,6	67,4	68,3	68,4
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом	69,8	82,9	84,8	88,4	89,2	89,5
Водоснабжение, очистка загрязненных вод и отходов	53,0	70,5	71,0	75,4	76,2	76,6
Строительство	45,2	54,9	55,2	63,1	63,6	63,7
Торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	61,7	64,5	65,5	66,4	66,5	66,8
Организация проживания и общественное питание, в ед.	34,6	35,3	36,2	38,3	44,0	44,2
Транспорт	50,2	61,3	62,4	62,7	67,4	67,5
Информация и связь	86,4	87,1	87,5	88,2	89,1	89,5
Финансовая и страховая деятельность	76,6	92,0	92,8	98,4	98,7	98,9
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	15,5	40,3	43,4	43,6	45,4	45,6
Профессиональная, научная и техническая деятельность	60,2	70,5	73,1	73,7	75,5	75,8
Предоставление административных и вспомогательных услуг	40,8	42,0	44,5	44,9	53,6	53,4
Государственное управление и защита; обязательное социальное обеспечение	35,4	46,5	51,8	57,7	59,2	59,4
Образование	68,5	69,8	70,1	71,2	71,7	72,0
Здравоохранение и социальные услуги	61,7	77,9	80,0	81,4	75,5	76,3
Деятельность в области отдыха, развлечений и искусства	42,1	54,4	56,5	56,8	57,3	57,4
Предоставление услуг в прочих областях	30,9	41,3	42,1	43,5	43,5	43,8

Таблица П.5.6.

Распределение организаций по типу используемых компьютерных сетей (2015 г.)

	Всего	В том числе по типу компьютерной сети передачи данных			
		Беспроводная LAN	Проводная LAN	Корпоративная (внутренняя) сеть (Intranet)	Внешняя сеть (Ekstranet)
<b>В целом по стране</b>	100,0	24,2	48,0	22,2	5,6
в том числе:					
Горнодобывающая промышленность	100,0	42,0	36,7	17,7	3,6
Обрабатывающая промышленность	100,0	32,2	48,6	15,5	3,7
Обеспечение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом	100,0	12,4	44,1	38,2	5,3
Водоснабжение, очистка загрязненных вод и отходов	100,0	24,2	53,0	19,4	3,4
Строительство	100,0	39,3	43,4	15,0	2,3
Торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	100,0	32,7	43,5	18,1	5,7
Организация проживания и общественное питание, в ед.	100,0	33,3	43,3	16,7	6,7
Транспорт	100,0	25,8	50,3	20,3	3,6
Информация и связь	100,0	24,1	47,5	21,6	6,8
Финансовая и страховая деятельность	100,0	12,3	39,9	33,8	14,0
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	100,0	24,7	53,1	18,4	3,8
Профессиональная, научная и техническая деятельность	100,0	27,7	45,5	22,1	4,7
Предоставление административных и вспомогательных услуг	100,0	31,6	49,5	16,0	2,9
Государственное управление и защита; обязательное социальное обеспечение	100,0	18,0	54,6	22,9	4,5
Образование	100,0	23,6	53,3	18,8	4,3
Здравоохранение и социальные услуги	100,0	22,5	49,0	24,9	3,6
Деятельность в области отдыха, развлечений и искусства	100,0	23,0	51,7	23,0	2,3
Предоставление услуг в прочих областях	100,0	26,0	55,0	17,1	1,9

П.5.7. Контент запроса для проведения экспертной оценки численности ИТ-специалистов в зависимости от ИКТ-инфраструктуры, которой пользуются организации, и интервала количественной вариации численности работников в них.

**Уважаемые коллеги!**

**С целью оценки численности ИТ-специалистов, работающих в различных отраслях национальной экономики, просим Вас в качестве эксперта с использованием данных таблицы П.5.7 ответить на нижеследующий вопрос. Благодарим всех экспертов за помощь.**

В таблице П.5.7 в соответствии с официальной статистикой приведено распределение организаций по типу используемой компьютерной сети и интервалу количественной вариации занятых.

Таблица П.5.7.

Распределение организаций по типу используемой компьютерной сети и интервалу количественной вариации занятых

Число занятых в организации \ Тип сети	1–4	5–9	10–49	50–249	250–499	Более 500
Проводная LAN						
Беспроводная LAN						
Интернет						
Intranet						
Ekstranet						
<b>Необх. количество ИТ-специалистов</b>						

**Вопрос:** По Вашему мнению, сколько ИТ-специалистов требуется для обслуживания каждого типа сети с учетом вариации численности работников в организации?

**Məmmədova Məsümə Hüseyn. İT-mütəxəssislər əmək bazarının intellektual idarə olunması, Bakı: “İnformasiya Texnologiyaları” nəşriyyatı, 2019, 298 s.**

İT-mütəxəssislərə tələb və təklifin uyğunsuzluğu, qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən əmək bazarının İT-seqmentinin intellektual idarə olunmasının konseptual və metodoloji əsasları işlənmişdir.

“İT-mütəxəssislər əmək bazarının intellektual idarə olunması” anlayışının müəllif şərhini verilmiş, İT sahəsində idarəetmənin müxtəlif səviyyələri üzrə peşə-ixtisas, kəmiyyət/keyfiyyət kəsimlərində insan resurslarına tələb-təklifin uyğunlaşdırılması üzrə qərarların qəbul olunmasını dəstəkləyən model və metodlar kompleksi təqdim edilmişdir.

Monoqrafiya qeyri-müəyyənlik şəraitində idarəetmənin nəzəri və praktiki məsələlərinin həlli, qərarların qəbul olunması sahəsində çalışan mütəxəssislər, eləcə də əmək bazarının İT segmentində vəziyyət haqqında elmi əsaslandırılmış informasiyanın alınmasında maraqlı olan dövlət qulluqçuları və menecerlər üçün nəzərdə tutulmuşdur.

**Mammadova Masuma Huseyn. Intelligent management of the labor market of IT specialists, Baku: “Information Technologies” publishing house, 2019, 298 p.**

The monograph highlights the conceptual and methodological basis to the intelligent management of the IT segment of the labor market in the condition of uncertainty of the environment of its operation and the growing imbalance of supply and demand for IT professionals are considered.

The author's interpretation of the concept of “intelligent management of the labor market of IT specialists” and the relevant complex of models and decision support methods for matching the demand and supply of human resources in the IT sector in professional qualification, quantitative and qualitative sections for various levels of management hierarchy are presented.

The book is intended for specialists in the field of theory and practice of management and decision making under conditions of uncertainty, researchers, teachers and students in the field of IT, as well as civil servants and managers interested in obtaining scientifically based information about the situation in the IT segment of the labor market.



## **Мамедова Масума Гусейн**

Зав. отделом Института  
Информационных Технологий  
НАНА, член-корреспондент НАНА,  
доктор технических наук, профессор

[masuma.huseyn@iit.science.az](mailto:masuma.huseyn@iit.science.az)  
[depart15@iit.science.az](mailto:depart15@iit.science.az)

Технические  
редакторы

Анар Самидов  
Зульфия Ганифаева

Корректор:

Гюляра Мамедова

Компьютерная  
верстка:

Минара Манафлы

Дизайн:

Васиф Махаров

---

Подписано к печати: 20.05.2019. Печатный лист: 60x84, 1/16  
Заказ № 06, тираж 100 экз.

---