

В серии:

Библиотека ALT

Сухомлин В. А., Зубарева Е. В., Намиот Д. Е., Якушин А. В.

Система развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО

Методика классификации и описания требований к сотрудникам
и содержанию образовательных программ в сфере
информационных технологий

Научное издание

Москва
Базальт СПО
МАКС Пресс
2020

УДК 378:004

ББК 74.202

С91

С91 Сухомлин В. А., Зубарева Е. В., Намиот Д. Е., Якушин А. В.

Система развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО. Методика классификации и описания требований к сотрудникам и содержанию образовательных программ в сфере информационных технологий: Научное издание. ВМК МГУ & Базальт СПО / Ответственный редактор: В. Л. Черный : — М.: Базальт СПО; МАКС Пресс, 2020. — 184 с.: ил. — (Библиотека ALT).

ISBN 978-5-317-06336-8

Книга содержит результаты исследования современных методических решений задач классификации и спецификации профессиональных навыков и компетенций персонала в области информационных технологий, организации выявления востребованных цифровых навыков, разработки образовательных программ и ресурсов системы ИТ-образования для развития цифровых навыков. Книга создана на основе материалов НИР, заказчиком которого является ООО «Базальт СПО».

Сайт книги: <http://www.altlinux.org/Books:book-Sukhomlin>

Ключевые слова: ИТ-образование, цифровизация, цифровые навыки, компетенции, профили ИТ-специальностей, классификация и описание цифровых навыков, фреймворки для описания ролей/навыков/компетенций в области ИТ, фонд цифровых навыков, система навыков для информационного века SFIA, своды профессиональных знаний, стандарты куррикулумов ИТ-образования, классификаторы образования, фонд образовательных ресурсов, метаданные образовательных ресурсов, образовательные платформы, концепция открытого доступа к науке, открытые научные журналы, открытые конференц-системы, открытые издательские системы, образовательные системы развития цифровых навыков.

УДК 378:004

ББК 74.202

Материалы, составляющие данную книгу, распространяются на условиях лицензии GNU FDL. Книга содержит следующий текст, помещаемый на первую страницу обложки: «В серии “Библиотека ALT”». Название: «Система развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО. Методика классификации и описания требований к сотрудникам и содержанию образовательных программ в сфере информационных технологий».

Книга не содержит неизменяемых разделов.

ISBN 978-5-317-06336-8

© Сухомлин В. А., Зубарева Е. В., Намиот Д. Е., Якушин А. В., 2020

© Basealt, 2020

Оглавление

Предисловие	5
Введение	7
Глава 1. Концепция цифровых навыков	18
Глава 2. Классификация и описание цифровых навыков	22
2.1 Международные системы навыков и компетенций	22
2.2 Система навыков для информационного века SFIA	23
2.3 Европейская система ИКТ-компетенций и профилей	41
2.4 iCD — словарь i-компетенций Агентства по продвижению ИТ . .	46
2.5 Профессиональные стандарты в области ИТ	50
2.6 Выбор подхода к классификации и описанию навыков для целей СРЦН	51
Глава 3. Нотация для представления цифровых навыков	53
Глава 4. Куррикулумный подход в спецификации образовательных программ	63
4.1 Куррикулумный подход и куррикулумная стандартизация	63
4.2 Профиль Computer Science (CS)	70
4.3 Профиль Computer Engineering (CE)	73
4.4 Профиль Software Engineering (SE)	76
4.5 Профиль Information Systems (IS)	83
4.6 Профиль Information Technology (IT)	94
4.7 Профиль Cybersecurity (CSEC)	100
4.8 Профиль Data Science (DS)	106
4.9 Обзор анализа куррикулумов	112
4.10 Целевая модель куррикулума и учебной программы	118
Глава 5. Описание и классификация образовательных программ и ресурсов в СРЦН	120
5.1 Международная стандартная классификация образования (МСКО)	121
5.2 Классификаторы в науке и образовании	130

Глава 6. Метаданные образовательных ресурсов в СРЦН	133
6.1 Стандарты метаданных образовательных ресурсов	134
6.2 Репозиторий метаданных образовательных ресурсов СРЦН . . .	140
Глава 7. Методика проектирования образовательных ресурсов в СРЦН	149
Глава 8. Создание системы развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО	152
8.1 Состав базовых платформ СРЦН и их назначение	152
8.2 Состав, структура, основные принципы создания ОИТ-платформы	155
Заключение	167
Литература	171

Предисловие

Книга посвящена анализу современных методологических решений и стандартов, касающихся вопросов классификации и описания профессиональных ролей (навыков/компетенций/профессий/профилей) в области информационных технологий, а также анализу аналогичных аспектов, касающихся инструментов системы образования для развития ИТ-навыков/компетенций, а именно, образовательных программ и ресурсов.

Концепция навыков (skills) и, прежде всего, цифровых навыков, становится доминирующей в сфере управления трудовыми ресурсами, а задача развития навыков, необходимых для участия в цифровой экономике и цифровом обществе, становится в ряд важнейших задач современного социума. Она требует организации процессов выявления актуальных общих и специализированных цифровых навыков и организации образовательных процессов для обучения этим навыкам посредством развития потенциала образовательных и обучающих систем, используя инструменты дополнительного образования, непрерывного обучения и обучения на рабочем месте.

Данные исследования были выполнены в рамках опытно-конструкторской работы по созданию системы развития цифровых навыков (СРЦН), востребованных в цифровой экономике, на основе формального университетского образования, а также различных форм дополнительного образования, в том числе с участием работодателей. Они позволили обосновать и разработать принципиальные решения по созданию СРЦН, ориентированной на подготовку высококвалифицированных специалистов, инновационных и научных кадров (цифровых талантов) в области компьютерных и информационных наук и их приложений.

В связи с этим авторы надеются, что выполненные ими исследования и разработки будут полезны всем специалистам, занятым решением задач управления персоналом, управления проектами, разработкой образовательных и профессиональных стандартов, разработкой образовательных программ и ресурсов для развития актуальных цифровых навыков, а также всем профессионалам и тем, кто только стремится к этому, так как в книге читатель увидит систему современного ландшафта рынка труда в сфере ИТ.

Сведения об авторах

Сухомлин Владимир Александрович — заведующий лабораторией открытых информационных технологий факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, заслуженный профессор МГУ, доктор технических наук, разработчик федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «Фундаментальная информатика и информационные технологии», автор более 100 статей в рецензируемых журналах, главный редактор научных журналов: «International Journal of Open Information Technologies» (<http://injoit.org>) и «Современные информационные технологии и ИТ-образование» (<http://sitito.cs.msu.ru>).

Зубарева Елена Васильевна — руководитель сектора лаборатории открытых информационных технологий МГУ имени М.В. Ломоносова, автор более 50 статей в рецензируемых журналах, кандидат педагогических наук, доцент, ответственный разработчик конференц-издательской платформы факультета ВМК МГУ, заместитель главного редактора научного журнала «Современные информационные технологии и ИТ-образование».

Намиот Дмитрий Евгеньевич — старший научный сотрудник лаборатории открытых информационных технологий факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат физико-математических наук, специалист по разработке программного обеспечения, анализу данных и телекоммуникационным сервисам. Опубликовал более 250 статей в рецензируемых журналах. Созданные им программные продукты неоднократно выигрывали конкурсы Java Pro magazine Readers Choice Award, Innovation Award и Best on Technology Award at World Wide Java Cards Development contest Mobile World Congress. Разработчик и выпускающий редактор сетевого научного журнала International Journal of Open Information Technologies, лектор магистратуры ВМУ МГУ.

Якушин Алексей Валериевич — ответственный за развитие дополнительного образования на факультете ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат педагогических наук, доцент, специалист в области электронного обучения, ответственный разработчик фонда образовательных программ, лектор магистратуры ВМУ МГУ.

Благодарности

Авторы выражают слова благодарности генеральному директору ООО «Базальт СПО» Алексею Смирнову и руководителю направления «Научные и образовательные проекты» ООО «Базальт СПО» Илье Захарову за участие в постановке задачи и профессиональное сопровождение проекта.

Особые слова благодарности Илье Захарову — основному инициатору издания данной книги.

Введение

Современное общество вступило в новый этап мирового экономического развития, получивший название «цифровая экономика», который характеризуется всеобъемлющей и углубленной информатизацией всех аспектов человеческой деятельности, называемой также цифровизацией. При этом цифровой трансформации подвергается как производственная, так и социальная сферы, включая науку и образование.

Началом отсчета целенаправленного движения к цифровой экономике в мировом масштабе можно считать Министерскую конференцию в Канкуне (Мексика) [1], прошедшую 22–23 июня 2016 г., на которой была принята Декларация Министров «О цифровой экономике: инновации, рост и социальное благополучие». В этом документе говорится, что мировая экономика становится все более цифровой, что растущее использование и инвестиции в цифровые технологии и капитал, основанные на знаниях, вызывают глубокую трансформацию нашего общества и что цифровая экономика является мощным катализатором инноваций, роста и социального благополучия. В Декларации сформулированы основные задачи развития цифровой экономики, а также подчеркнута критическая необходимость разработки глобальных технических стандартов, обеспечивающих совместимость и безопасность технологий, в основе которых лежит глобальный, открытый и доступный Интернет.

Одна из поставленных в Декларации задач, непосредственно связана с темой, разрабатываемой в данной книге: концентрация усилий социума на том, чтобы все люди овладевали навыками (skills), необходимыми для участия в цифровой экономике и цифровом обществе. В частности, акцентируется внимание на развитии потенциала образовательных и обучающих систем, направленного на выявление актуальных общих и специализированных цифровых навыков и обучение этим навыкам, используя инструменты дополнительного образования, непрерывного обучения и обучения на рабочем месте, а также способствующего повышению уровня цифровой грамотности, эффективности использования информационно-коммуникационных технологий в образовании и подготовке кадров.

С 1 декабря 2016 г. на путь построения цифровой экономики встала и Россия после того, как Президент России В.В. Путин, выступая с ежегодным посланием к Федеральному Собранию, предложил «запустить масштабную програм-

му развития экономики нового технологического направления, так называемой цифровой экономики. В ее реализации будем опираться именно на российские компании, на исследовательские и инжиниринговые центры страны. Это вопрос национальной безопасности и технологической независимости страны» [2].

На этом новом этапе развития российской экономики центральным становится вопрос о кадрах с необходимыми навыками и об образовательных технологиях, ориентированных на выявление спроса на востребованные общие и специализированные цифровые навыки и обучение этим навыкам.

В данной работе разрабатываются методические основы типовой системы/платформы развития цифровых навыков (СРЦН), предназначенной для поддержки:

- процессов формирования и сопровождения фонда цифровых навыков (ФЦН), включая: процессы выявления актуальных навыков, их классификации, каталогизации, спецификации, стандартизации, актуализации, управления жизненным циклом навыков;
- процессов формирования и сопровождения фонда образовательных ресурсов (ФОР) и технологий, предназначенных для развития требуемых цифровых навыков;
- собственно образовательных процессов развития цифровых навыков, процессов аттестации и сертификации на соответствие цифровым навыкам, реализуемых с использованием как образовательных ресурсов и технологий ФОР, так и ресурсов экосистемы современного ИТ-образования, включая ресурсы учебных организаций и организаций, запрашивающих цифровые навыки;
- научных исследований и подготовки научных кадров, как с использованием методов и инструментов, характерных для традиционной науки, так и инструментов, создаваемых на принципах концепции открытой науки (Open Science) — [3] и др.

Сначала обсудим терминологические аспекты рассматриваемой темы.

Начнем с понятия **навыка**, ставшего за последние годы центральным и чрезвычайно популярным понятием в сфере кадрового менеджмента.

В отечественной педагогической практике под **навыком** обычно понималось доведенное по существу до автоматизма умение выполнять какие-либо действия или производственные операции.

В настоящей книге **навык** — это просто не совсем удачный, но закрепившийся в отечественной литературе перевод с английского термина **skill**. В английском же языке слово **skill** в первую очередь ассоциируется с такими понятиями как искусство, мастерство, профессионализм, предполагающие эффективность выполнения некоторой практической деятельности. Также **skills** трактуются как неявные знания (*tacit knowledge*) или «*ноу-хау*» [4].

Очевидно, что профессионализм и эффективность в производственной деятельности подразумевают глубокое понимание ее сути, то есть владение определенными знаниевыми основами. Такая трактовка представляется особенно уместной, когда речь идет о профессиях или ролях, связанных со сферой высоких технологий, где знания являются ключевым элементом компетентности исполнителя.

Рассматривая понятие навыка с такой точки зрения, можно определить следующие его характерные особенности. На передний план семантики этого понятия выходят целевые операционные действия (функции/аспекты), фундаментом и ключевым элементом для которых служат соответствующие базовые знания, необходимые для эффективной реализации функциональности навыка. Также ясно, что эффективность применения навыка (роли) может быть обеспечена только в том случае, если навык непосредственно связан с конкретным рабочим местом — конкретной деятельностью, выполняемой в конкретном месте, в конкретное время, в конкретном производственном контексте (для краткости будем называть такую привязку навыка связью с контекстом рабочего места). Таким образом, из вышеприведенных рассуждений следует, что навык, как понятие, является сложной составной и, что особенно важно, динамической сущностью, связанной с жизненным циклом конкретного рабочего места.

Однако и в предложенной трактовке понятие навыка используется в различных смыслах. В узком смысле под навыком может пониматься профессиональное владение какой-либо конкретной технологией. Например, можно говорить о навыке «использования конкретного языка программирования на уровне продвинутого пользователя». Совокупность такого рода навыков может объединяться в некоторые классы навыков, которые также могут называться навыками. Например, можно говорить об **общих навыках**, как умениях применять на рабочем месте широко используемые инструментальные средства такие, как, офисные технологии, браузеры и сервисы сети интернет, средства документирования, мессенджеры для взаимодействия с коллегами и клиентами и др., то есть инструменты, определяющие уровень информационной грамотности современного работника [5].

В широком смысле этого понятия под навыком понимается профессиональный портрет специалиста на конкретной рабочей позиции, т.е. описание выполняемой им **роли/подроли**.

Концептуальную модель применения понятия навыка в широком смысле можно пояснить с помощью следующей типичной ситуации:

- Пусть имеется некоторая технологическая **платформа**, состоящая из набора **функциональных компонент** и предоставляющая набор **сервисов** для своих пользователей.
- На основе этой платформы реализуется некоторая производственная **деятельность** по реализации, например, некоторого проекта.

- Каждый **участник** этой деятельности (**исполнитель** проекта) выполняет одну или несколько **ролей**.
- Каждая роль может структурироваться и подразделяться на **подроли**.
- В рамках каждой роли/подроли осуществляется одна или несколько **активностей/действий** (часть производственной деятельности), связанных с реализацией проекта.
- Каждая активность представляет собой решение одной или нескольких **задач** процессов жизненного цикла проекта, при выполнении которых используются функциональные компоненты и сервисы исходной платформы.
- Функционирование роли/подроли происходит не только в соответствии с алгоритмами и процедурами, реализующими их целевые операции, но и в соответствии с **нефункциональными требованиями** или **аспектами** проекта, которые могут применяться к отдельным ролям/подролям или к их совокупностям, а также к использованию функциональных компонент платформы. Примерами, таких аспектов могут быть специальные требования по информационной безопасности, следованию открытым стандартам, по обеспечению заданного уровня качества результатов проекта, к интероперабельности создаваемых в рамках проекта приложений, а также требования к личностным качествам исполнителей ролей, финансовым условиям работы и т.п.

Далее в тексте под навыком (в широком смысле) будем понимать спецификацию некоторой роли/подроли, выполняемой исполнителем в рамках осуществляемой производственной деятельности на своем рабочем месте. Ясно, что такой навык может формироваться на основе совокупности конкретных навыков (т.е. навыков в узком смысле). Далее в книге из контекста должно следовать, о каком типе навыка говорится в конкретном месте. Однако, чтобы не перегружать текст близкими понятиями, вместо навыка в узком смысле по возможности будет использоваться понятие **компетенция**, как некоторое квалификационное требование, которое стало привычным для персонала, работающего с кадрами. Например, вместо навыка «опыт использования языка программирования C++ на уровне эксперта со знанием библиотек для задач машинного обучения», будем говорить о компетенции «опыт использования языка программирования C++ на уровне эксперта со знанием библиотек для задач машинного обучения». Такая трактовка понятия компетенции в принципе согласуется с определением этого понятия из широко цитируемого документа «Европейская рамка квалификаций» [6]: «Компетенция — проверенная способность использовать знания, умения/навыки и личностные, социальные и/или методологические способности, в рабочей или учебной ситуации и в профессиональном и личностном развитии».

Как отмечалось, навык представляется сложной сущностью, адекватное описание которой является непростой задачей. Однако, эту задачу можно облегчить,

разбив описание навыка на два этажа по принципу вершки-корешки. А именно, на верхнем уровне описывать функциональность навыка, а на нижнем уровне — его привязку к контексту рабочего места.

Описание части навыка верхнего уровня будем называть **абстрактным навыком**, а описание нижнего уровня – **конкретизацией навыка** или описанием **контекста рабочего места**.

При составлении описания функциональной части навыка, могут использоваться в качестве шаблонов уже готовые решения в виде рекомендаций и стандартов, определяющих профессии/квалификации/компетенции. Здесь под **квалификацией** (в сфере труда) понимается способность работника выполнять конкретные задачи и обязанности в рамках конкретной работы, характеризуемая двумя параметрами: уровнем квалификации (показателем сложности, объема решаемой задач, уровнем ответственности) и квалификационной специализацией [7]. Примеры таких стандартов рассматриваются в третьей главе книги.

На практике для конкретного рабочего места может потребоваться специалист, владеющий более чем одним из уже определенных навыков или просто возможна ситуация, когда возникает необходимость определения нового навыка на основе уже определенных ранее. Также для описания роли, как правило, требуется композиция нескольких навыков, в результате которой получается так называемый сопутствующий этой роли навык.

Для определения композиции двух и более навыков используется конструкция, называемая **профилем навыка**. Такая конструкция обеспечивает агрегирование описаний двух и более навыков, т.е. в общем случае — списка навыков. Более того, следуя классическому определению профиля спецификаций (например, для международных стандартов) [8], при составлении профиля предоставляется возможность не только агрегировать функциональность нескольких навыков, но и выбирать из их описаний только те части, которые будут полезны для формирования описания требуемой роли.

Еще одно понятие, связанное с навыками, которое потребуется при разработке СРЦН, в целом интуитивно понятное, это понятие **описания вакансии** или просто **вакансии**. Под вакансией будем понимать описание, возможно частичное, некоторой роли/подроли на конкретном рабочем месте, для выполнения которой требуется исполнитель. Вакансия может поступать на вход СРЦН от организации, заинтересованной в потенциальном исполнителе, обладающем навыком, соответствующем роли/подроли, описанной вакансией. Описание вакансии отличается от описания навыка тем, что оно может быть неполным и определяться в произвольной, удобной для ее автора форме.

Однако для систем развития навыков, так же как и для систем сертификации навыкам, требуется возможно наиболее полное описание навыка. Поэтому одной из задач СРЦН является преобразование вакансии в более полное и, возможно, имеющее стандартизованный вид описание навыка.

Далее для облегчения чтения текста будем везде вместо «роль/подроль» писать «роль», имея в виду, что роли могут структурироваться на подроли, которые также будут ассоциироваться с соответствующими навыками.

Теперь кратко о содержании книги.

В Главе 1 «Концепция цифровых навыков» рассматриваются методические аспекты, связанные с понятием навыка, в частности: поясняется суть этого понятия, рассматриваются основные свойства навыков, предлагается общая классификация навыков. Конструктивно с помощью предложенной метамодели вводится развернутое определение понятия **навыка рабочего места** (НРМ), представленного в виде составной многомерной динамической сущности, ассоциируемой с ролью рабочего места. Данная метамодель используется в дальнейшем для определения способов описания цифровых навыков и их профилей, которые могут выступать объектами хранения в фонде цифровых навыков, т. е. в ФЦН.

Пространство возможных ролей разного уровня в масштабах современной цифровой экономики чрезвычайно обширно, что делает необходимым разработку систем классификации навыков для решения таких задач, как, например, управление трудовыми ресурсами, системами образования, системами развития и сертификации навыков и др.

Глава 2 «Классификация и спецификация цифровых навыков» как раз и посвящена анализу методов классификации цифровых навыков, компетенций, профилей ролей, а также способов их описания.

В этой главе используется понятие фреймворка «framework», буквальный перевод с которого означает каркас, основу, корпус, рамку, структуру, систему, набор, и т.п. Однако, при таком плоском переводе ускользает важное методологическое измерение семантики этого понятия. Как правило, фреймворк представляет собой не только структуру или набор чего-то (навыков, квалификаций, компетенций, программных сущностей), а, прежде всего, концептуальную модель области применения, базовые методические принципы структурирования и построения решений. Фреймворк служит своего рода методическим инструментарием и одновременно прототипом класса решений. Поэтому в дальнейшем для перевода слова framework будем использовать в основном его английскую кальку, а также понятие «система», вместо перевода, устоявшегося в отечественной литературе по вопросам труда, — «рамка».

Далее во второй Главе рассматриваются возможности следующих наиболее известных фреймворков для описания ролей/навыков/компетенций в области ИТ, широко применяемых в сфере кадрового менеджмента:

- Skills Framework for the Information Age (SFIA — Система навыков для информационного века) [9],
- The European e-Competence Framework (e-CF — Европейский фреймворк e-компетенций Европейского Союза) [10],
- The i Competency Dictionary, the Information Technology Promotion Agency (IPA) (iCD — словарь компетенций, разработанный Агентством по продвижению информационных технологий Японии) [11].

Также рассматриваются вопросы использования отечественных профстандартов в области ИТ.

В заключение для целей создания СРЦН обосновывается выбор в качестве базовой системы классификации подхода SFIA, который характеризуется ясностью концепции, простотой использования для широкого круга пользователей, гибкостью описательных возможностей, быстрыми темпами развития и актуализации, широким распространением в мировой практике.

В Главе 3 «Нотация для представления цифровых навыков» рассматривается метод описания цифровых навыков, разработанный на основе предложенной в главе 1 метамодели навыка рабочего места. В основе этого метода лежит использование для спецификации цифровых навыков типовой структуры с фиксированным набором элементов и заданной семантикой, названной **SV-вектором** (Skill/Vacancy-vector). Поэтому и сам метод называется в книге **SV-нотацией**. SV-вектор сконструирован так, что включает в себя модель представления навыка в подходе SFIA, и, таким образом, позволяет использовать весь методический аппарат и справочник навыков SFIA в работе с навыками.

Над множеством SV-векторов введены: операция профилирования SV-векторов для конструирования нового SV-вектора (навыка) посредством агрегации спецификаций однородных элементов навыков-операндов; операция объединения SV-векторов в множество, которое представляется SV-вектором специального вида, называемым **метанавыком**. Используя метанавыки, можно формировать иерархические структуры навыков, определяющие системы навыков организаций, подразделений, проектов и т.п. Также в главе рассматриваются два способа конкретизации навыка дополнением его описания описанием контекста рабочего места. Еще одна особенность SV-нотации состоит в том, что в структуру SV-вектора введен элемент «Онтологические связи», предназначенный для хранения связей (отношений) между навыками фонда ФЦН и обработки их инструментами онтологических движков.

Как уже отмечалось, что в предлагаемом методе в качестве основной системы классификации выбрана система SFIA, однако метод SV-нотации допускает параллельное использование нескольких классификаторов навыков.

Одним из достоинств подхода SFIA является согласованность определений содержания навыков (т.е. знаний) с общепринятыми в международном сообществе сводами профессиональных знаний (СПЗ — Body of Knowledge (BoK)) по важнейшим направлениям ИТ, которые разрабатываются и сопровождаются авторитетными международными организациями. Примерами таких сводов знаний являются [14]:

SWEBOK — Software Engineering, EITBOK — Enterprise IT, SEBOK — Systems Engineering, BABOK — Business Analysis, DMBOK — Data Management, APM — Project Management, PMBOK — Project Management, BRMBOK — Business Relationship Management и другие.

В указанных СПЗ представлены системы знаний и навыков, которыми должны обладать профессионалы соответствующих направлений области ИТ, имеющие не менее трехлетнего стажа трудовой деятельности. Очевидно, что большая

часть знаний из описанных в СПЗ формируется с помощью системы образования, а именно, образовательных программ бакалавриата, специалитета, магистратуры. Так как основной задачей проектируемой СРЦН и является подготовка ИТ-кадров с необходимыми знаниями и навыками, наибольший интерес для данной работы представляет анализ существующих международных стандартов учебно-методических руководств по подготовке бакалавров и магистров для работы в области ИТ и ее приложений.

Учебно-методическое руководство для преподавателей и учащихся, предназначенное для разработки учебных программ по конкретным направлениям подготовки в международной практике носит название *curriculum* (куррикулум). Такое руководство включает в себя определение ожидаемых характеристик выпускников и требований к предварительной подготовке поступающих на программу обучения, описание архитектуры свода знаний – контента учебной программы, детальную спецификацию элементов свода знаний, определение результатов обучения (возможно, в форме компетенций), а также включает методические материалы с рекомендациями по методам составления учебных программ, проведению практик и лабораторных работ, включает требования к выпускным работам, методы адаптации программ к различным институциональным средам и т.п. Еще одной важной составляющей таких руководств, как правило, является описание примеров учебных программ и примеров учебных курсов, разработанных известными университетами. К сожалению, авторы не могут предложить адекватный этому понятию термин русского языка и вынуждены использовать прямую кальку с английского языка.

К настоящему времени сложилась целостная система разработки и сопровождения международных стандартов и рекомендаций в виде куррикулумов для основных направлений области ИТ, называемая куррикулумной стандартизацией [15], которая стала важнейшим методологическим инструментом в создании современной системы ИТ-образования.

Глава 4 «Куррикулумный подход и куррикулумная стандартизация» посвящена анализу современной системы международных стандартов куррикулумов в области ИТ. На основе анализа этих куррикулумов предложена полная целевая модель описания образовательных программ/ресурсов в виде иерархической структуры определяемых в них результатов обучения.

Основными средствами развития цифровых навыков являются инструменты системы ИТ-образования. Примерами инструментов образования служат: образовательные программы (например, программы подготовки бакалавров или магистров по компьютерным наукам), программы дополнительного образования для специализированной подготовки конкретным навыкам; учебные модули и курсы (например, массовые открытые онлайн-курсы (МООК), учебно-методические разработки практикумов и лабораторных работ и т.п.).

В Главе 5 «Описание и классификация образовательных программ и ресурсов в СРЦН» рассмотрены методы классификации образовательных программ и ресурсов, которые могут использоваться при создании фондов образовательных ресурсов.

В частности, рассмотрены:

- Международная стандартная классификация образования (МСКО) и ее понятийный аппарат, включая классификацию по уровню образования и классификацию по областям образования.
- Классификаторы, применяемые в науке, на примере классификатора РФФИ, определяющего классификацию научных областей раздела 07 Информационные технологии и вычислительные системы.
- Общероссийский классификатор специальностей по образованию ОК 009-2016.

Существует значительное число подходов классификации электронных образовательных ресурсов (ЭОР), в том числе реализуемых с учетом ГОСТ Р 53620-2009 и ГОСТ Р 52657-2006.

Значительные возможности для построения динамических гибких схем классификации образовательных ресурсов, хранящихся в ФОР, предоставляет использование аппарата метаданных.

Именно этой теме и посвящена Глава 6 «Метаданные образовательных ресурсов в СРЦН».

При создании ФОР с каждым элементом хранения связывается конечное множество параметров, называемых метаданными, которые служат целям достижения повторной используемости и интероперабельности образовательных ресурсов, а также их классификации. Метаданные описывают свойства образовательных ресурсов такие, как название, назначение, местоположение, рейтинги, ключевые слова, используемый язык, дату создания, авторство и пр. Метаданные облегчают поиск, оценку, приобретение и использование, классификацию образовательных ресурсов [16]. В Главе 6 приводится анализ международных стандартов метаданных образовательных ресурсов, на основе которого разработан базовый расширяемый репозиторий метаданных образовательных ресурсов (БРМ ОР). БРМ ОР разработан посредством профилирования стандарта ISO/IEC 19788 с включением полного набора элементов метаданных Dublin Core (DCMES), а также частичного набора элементов метаданных IEEE LOM, широко используемых на практике и легко портируемых в среду ISO/IEC 19788. В главе приведена спецификация БРМ с использованием в качестве языка привязки языка XML. На последующих этапах развития фонда образовательных ресурсов СРЦН БРМ может расширяться введением в него дополнительных элементов метаданных, необходимость которых будет выявлена в процессе использования СРЦН.

После рассмотрения основных методических аспектов, связанных с описанием и классификацией навыков и образовательных ресурсов, представляется интересным увидеть облик модели или сценария их взаимодействия в контексте функционирования СРЦН.

Этой теме посвящена Глава 7 «Методика проектирования образовательных ресурсов по спецификациям цифровых навыков в СРЦН», в которой рассмотрена концептуальная модель СРЦН, включающая в качестве своих основных компонент: фонд цифровых навыков, фонд образовательных ресурсов, систему коммуникационной взаимосвязи с пользователями, конференц-издательскую платформу для поддержки подготовки научных кадров. На этой модели показана взаимосвязь между спецификациями цифровых навыков и образовательными ресурсами, предназначенными для развития таких навыков. Рассмотрена методика формирования содержания образовательных программ и ресурсов по спецификациям цифровых навыков в СРЦН, в основе которой лежит итерационный процесс анализа и сопоставления цифровых навыков с целями/результатами обучения образовательных программ/ресурсов, определенных в соответствующих целевых моделях образовательных программ и ресурсов.

В главе 8 предложена архитектура СРЦН, как образовательной системы, реализующей программы дополнительного образования и программы магистерского обучения, направленные на подготовку высококвалифицированных, инновационных и научных кадров в области ИТ, обладающих востребованными профессиональными цифровыми навыками. СРЦН разрабатывается в виде системы взаимосвязанных проблемно-ориентированных платформ, определяются требования к функциональности основных компонент.

Состав базовых платформ включает:

- Методико-аналитическую платформу.
- Платформу облачных образовательных сервисов
- Платформу развития навыков с участием работодателя.
- Конференц-издательскую платформу.
- Платформу социально-ориентированных проектов.

Приводится описание назначения рассмотренных выше платформ и принципы функционирования.

Значительное внимание уделяется рассмотрению концепции, принципов построения и функционирования конференц-издательской платформы, предназначенной для поддержки научной и образовательной деятельности в области прикладной математики, компьютерных и информационных наук, которая создана на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М. В. Ломоносова [107] авторским коллективом. Данная платформа представляет собой инфраструктурное решение, включающее комплекс средств организационно-методического, информационного и технологического обеспечения. Она создавалась с целью интенсификации и повышения качества исследований, инноваций, научной коммуникации и подготовки научных кадров (магистров, аспирантов, докторантов) в указанных областях знаний. Особенностью функционирования

ОИТ-платформы является использование в качестве регулярного источника научной продукции пакета высокорейтинговых тематических конференций, проводимых на ее основе с регулярной периодичностью, а в качестве инструментов поддержки научной коммуникации, научных СМИ, рецензирования и распространения научной продукции использование специализированных научных журналов, созданных на принципах концепции открытого доступа.

Научная периодика и высокорейтинговые научные конференции, непосредственно связанные с системой подготовки продвинутых кадров по наукоемким имеющим значительный инновационный потенциал направлениям, служат эффективным инструментом вовлечения ученых, разработчиков, учащихся и преподавательский состав вузов в научно-исследовательскую и инновационную деятельность, способствуют интеграции усилий и обмену опытом в перспективных областях науки, техники, образования.

В предлагаемой вниманию читателей книге под «информационными технологиями» (ИТ) подразумевается: процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов. Это определение дано в пункте 2 статьи 2 Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Оно краткое, но хорошо соотносится с более ранними определениями, в том числе данным в учредительном документе объединенного технического комитета организации ISO/IEC JTC1 N430, принятому на пленарном совещании комитета в Париже в декабре 1996 г. [18]: «Информационные технологии включают спецификацию, проектирование и разработку систем и средств, имеющих дело со сбором, представлением, обработкой, безопасностью, передачей, организацией, хранением и поиском информации, а также обменом и управлением информацией». В этих определениях важно то, что «информационные технологии» — это понятие более широкое, чем автоматизация, компьютеризация (цифровизация). ИТ подразумевает охват и коммуникационных технологий. Поэтому как понятие ИТ, так и понятие ИКТ (информационно-коммуникационные технологии), также широко используемое в литературе, в дальнейшем будем использовать как равнообъемные.

Глава 1

Концепция цифровых навыков

В данной главе рассматриваются методические аспекты концепции цифровых навыков, представляющих основной интерес для задач создаваемой систем развития навыков типа СРЦН, а именно, их роль в цифровой экономике, определение, свойства, общая классификация, а также способы описания навыков. За основу принимаются методические решения, предложенные в работе [19], которые кратко рассмотрим ниже.

Очевидно, что для ускоренного развития всех секторов цифровой экономики актуально своевременное обеспечение ее кадрами с востребованными навыками на конкретных рабочих местах. Поэтому на практике становятся востребованными не просто дипломы и сертификаты об образовании, а сами конечные результаты образовательных, учебных, тренинговых процессов – профессиональные умения (skills), называемые далее навыками. Отметим, что в цифровой экономике значительная доля навыков имеет явно цифровой характер. Поэтому важнейшую роль в цифровую эпоху играют именно *цифровые навыки*

Следуя [19], навык рассматривается как способность работника выполнять конкретные задачи профессиональной деятельности на конкретной рабочей позиции и в конкретное время. Таким образом, навыки представляют собой сугубо динамические сущности, ассоциированные с конкретным рабочим контекстом.

В цитируемой работе определены следующие классы цифровых навыков.

1. **Общие ИТ-навыки**, позволяющие работникам самого широкого спектра профессий использовать ИТ в своей повседневной работе.
2. **Профессиональные ИТ-навыки**, требуемые специалистам в области информационных технологий (ИТ) и их приложений для производства продуктов, услуг и ресурсов в этой сфере.
3. **Проблемно-ориентированные цифровые навыки** — навыки специалистов, разрабатывающих и использующих специализированные проблемно-ориентированные платформы, приложения, пакеты программ, системы автоматизированного проектирования и т.п.

4. **Комплементарные ИТ-навыки (complementary skills)** — навыки использования возможностей экосистемы для выполнения отдельных задач, связанных с применением ИТ на рабочем месте, т.е. класс общедоступных навыков более широкий по сравнению с общими ИТ-навыками. Например, это навыки использования социальных сетей для коммуникации с коллегами и клиентами, продвижения бренда продуктов на платформах электронной коммерции, анализа больших данных, бизнес-планирования и т.п.
5. **Навыки использования приложений и сервисов цифровой экономики** — как, например, навыки использования различных специализированных приложений, реализуемых на основе инфраструктуры Интернета Вещей.

При создании СРЦН необходимо учитывать основные особенности навыков. В первую очередь к таким особенностям следует отнести:

1. Динамичность, т.е. изменяемость во времени.
2. Зависимость от экосистемы рабочего места, т.е. контекста конкретного рабочего места.
3. Перманентность обновляемости целевых для рабочего места и комплементарных цифровых навыков, обусловленную быстрым развитием технологической и информационной оснащенности экосистемы рабочего места.
4. Междисциплинарный характер навыков, которые потенциально могут охватывать несколько различных конвергентных предметных областей.
5. Отчуждаемость, мобильность и конкурентность навыков, их способность объединяться в виртуальном пространстве для решения общих задач, минуя административные и межгосударственные границы.
6. Возрастающее значение международных стандартов и умения применять их на практике.

С точки зрения задач кадрового менеджмента, планирования и организации подготовки профессиональных кадров интерес представляют не цифровые навыки вообще, а навыки, соответствующие ролям/подролям, выполняемым исполнителями на конкретных рабочих местах. Такой набор цифровых навыков для конкретной профессиональной позиции будем называть **навыком рабочего места (НРМ)**.

Для описания таких навыков в цитируемой работе предложена метамодель, конкретизирующая определение понятия навыка рабочего места (т.е. навыка в широком смысле этого понятия) и представленная на рис. 1.1. Данная метамодель отражает состав основных строительных блоков понятия навыка, многомерность этого понятия, а также его динамическую сущность.



Рис. 1.1. Модель цифрового навыка.

В состав модели навыка входят следующие компоненты:

- **Блок идентификации навыка:** содержит имя навыка (возможно, составное) и его код в выбранной системе классификации (или список кодов систем классификаций).
- **Общее описание:** определение области применения, назначения и общей функциональности навыка.
- **Описание активностей роли (выполняемых ими функций):** определение основных (трудовых) функций, соответствующих функциональности навыка.
- **Целевые или операционные навыки:** спецификация профессиональных требований, необходимых для выполнения целевых функций навыка, конкретизирующая общее описание навыка, возможно, в терминах стандартов профессиональной подготовки или квалификаций (например, спецификаций всемирных стандартов WSSS — www.worldskills.org/WSSS или ИТ-профстандартов — <https://softonit.ru/articles/profstandartit/>). В спецификациях операционных навыков могут использоваться непосред-

ственно ссылки на соответствующие профессиональные или квалификационные стандарты.

- **Базовые навыки:** базовые знания и умения, которые необходимы для владения и использования навыком на требуемом уровне ответственности.
- **Набор нефункциональных требований и характеристик:** дополнительные аспекты, связанные с данным навыком. Например, дополнительные требования к конфиденциальности и информационной безопасности, к следованию производственной политики в области использования открытых стандартов; требования к личностным качествам исполнителей ролей; финансовые условия работы и т.п.
- **Комплементарные навыки:** цифровые навыки экосистемы, которые могут привнести новые возможности при использовании их на рабочем месте (к этому классу навыков будем относить также и навыки в использовании приложений, реализуемых на основе инфраструктуры Интернета Вещей).
- **Общие ИТ-навыки:** требуемый ИТ-инструментарий общего назначения для его использования на рабочем месте.
- **Комплект тестов на соответствие навыку:** набор описаний типовых заданий для проверки соответствия кандидата на роль исполнителя требованиям навыка.
- **История навыка:** информационная база, в которой хранятся истории изменений навыка на протяжении его жизненного цикла.

Как отмечалось, важным свойством данной модели является то, что она отражает многомерность и динамику понятия цифрового навыка. Как сам навык (основной функциональный план навыка), так и его составные части имеют дополнительные измерения.

Дополнительными измерениями навыка являются:

1. L — карьерный уровень или уровень владения навыком (уровень ответственности);
2. S — шкала событий жизненного цикла навыка, вызывающих изменение его состояния. С помощью такой шкалы определяется версия навыка;
3. W — множество спецификаций требований конкретного рабочего места (контекста), определяющих условия реализации навыка в конкретной организации, в конкретное время, на конкретной рабочей позиции.

Предложенная выше метамодель навыка рабочего места используется в Главе 3 для разработки метода описания цифровых навыков, названного **SV-нотацией**. На основе данной метамодели построена базовая модель представления навыков рабочего места в SV-нотации.

Глава 2

Классификация и описание цифровых навыков

В этой главе проведен анализ методов и стандартов систем классификации навыков/компетенций/профилей профессиональных ролей в области ИТ, а также способов их описания, с целью выбора базовых методических решений для создания СРЦН.

2.1 Международные системы навыков и компетенций

Как отмечалось во введении, пространство возможных ролей/должностей разного уровня в масштабах цифровой экономики чрезвычайно велико. В связи с чем, для решения задач кадрового менеджмента, широко используются международные и национальные системы классификации и спецификации профессий, навыков, квалификаций, компетенций, применяемые для описания профессиональных ролей.

С целью выбора методов классификации цифровых навыков, а также способов их спецификации применительно к целям создания СРЦН, проведем анализ наиболее авторитетных и широко используемых систем (фреймворков) навыков и компетенций. Как отмечалось во введении, фреймворки представляют собой методологическую основу построения систем сущностей (например, навыков, компетенций, квалификаций, программных компонент), определяя базовые методические принципы структурирования и построения системного решения. Также они служат расширяемым прототипом такого решения, выступая в качестве инструментария для построения систем сущностей целевого назначения. Поэтому далее в тексте будем в основном использовать прямую кальку с английского слова *framework*, а не односложные переводы этого термина типа *рамка* или *структура*. Иногда будем в качестве перевода для слова *framework* использовать понятие «система».

В сфере кадрового менеджмента наиболее известными и авторитетными фреймфорками являются:

- Фреймворк навыков для информационного века (SFIA — Skills Framework for the Information Age) [20].
- Европейский фреймворк компетенций (e-CF — European e-Competence Framework) [21].
- Словарь i-компетенций (iCD — i Competency Dictionary) [22].

В заключение уделим внимание отечественным профстандартам в области ИТ.

2.2 Система навыков для информационного века SFIA

Фреймворк навыков для информационного века SFIA разработан в Великобритании одноименной некоммерческой организацией - фондом SFIA. Он определяет систему классификации и методiku описания цифровых навыков области ИКТ, соответствующих требованиям цифровой экономики [23]. С помощью навыков системы SFIA, используемых в качестве строительных блоков, может быть описан обширный класс профессиональных ролей, связанных с областью ИКТ, цифровой трансформацией и разработкой программного обеспечения.

Система SFIA характеризуется простотой, широким спектром охвата основных видов работ в области ИКТ, значительной распространенностью (использованием почти в 200 странах мира), непрерывностью поддержки в части развития, обучения и сертификации специалистов. Стандарты SFIA пересматриваются каждые три года. Фреймворк SFIA зарекомендовал себя как эффективный инструмент, применимый на всех стадиях цикла управления персоналом, включая: планирование, рекрутинг, размещение, оценку, развитие и вознаграждение.

Система SFIA содержит описания более 100 навыков, для каждого из которых включает спецификацию функциональности навыка в зависимости от уровня ответственности (компетентности) выполняемой работы с данным навыком. С помощью навыков системы SFIA может быть описана практически любая рабочая позиция в области ИТ (роль/должность). Заметим, что навыки SFIA во введении были отнесены к разряду абстрактных.

В настоящее время доступна седьмая версия SFIA. Издание восьмой версии планируется в 2020 году.

Модель классификации ИКТ-навыков в SFIA представляет собой трехуровневую иерархическую систему, на верхнем уровне которой навыки разбиваются на классы **категорий**, затем, на втором уровне, категории структурируются на **подкатегории**, которые в свою очередь выступают как совокупности близких по роду деятельности навыков, составляющих третий, самый нижний, уровень иерархии системы классификации. Всего в седьмой версии SFIA определяется: 6 категорий навыков, 17 подкатегорий и 102 индивидуальных навыка, причем

описание навыка включает уточняющее описание для каждого допустимого для него уровня исполнения (уровня ответственности).

В связи с тем, что русскоязычный понятийный аппарат для стандарта SFIA еще не устоялся, чтобы не навязывать читателям собственный стиль перевода оригинальных понятий, будем, как правило, использовать двуязычный способ описания решений в SFIA.

В SFIA определены следующие категории навыков:

- Strategy and architecture (Стратегия и архитектура)
- Change and transformation (Изменение и трансформация)
- Development and implementation (Разработка и реализация)
- Delivery and operation (Доставка и эксплуатация)
- Skills and quality (Навыки и качество)
- Relationships and engagement (Отношения и взаимодействие).

В таблице 2.1 представлено на двух языках разбиение категорий навыков (выделены жирным шрифтом) на подкатегории.

Таблица 2.1. Категории и подкатегории цифровых навыков SFIA7

Strategy and architecture – Information strategy – Advice and guidance – Business strategy and planning – Technology strategy and planning	Стратегия и архитектура – Информационная стратегия – Советы и рекомендации – Бизнес-стратегия и планирование – Технологическая стратегия и планирование
Change and transformation – Business change implementation – Business change management	Изменение и трансформация – Реализация бизнес-изменений – Управление изменениями бизнеса
Development and implementation – Systems development – User experience – Installation and integration	Разработка и реализация – Разработка систем – Пользовательский опыт – Установка и интеграция
Delivery and operation – Service design – Service transition – Service operation	Доставка и эксплуатация – Дизайн сервисов – Переход на обслуживание – Эксплуатация сервиса
Skills and quality – Skill management – People management – Quality and conformance	Навыки и качество – Управление навыками – Управление персоналом – Качество и соответствие
Relationships and engagement – Stakeholder management – Sales and marketing	Отношения и взаимодействие – Управление заинтересованными сторонами – Продажи и маркетинг

Вся номенклатура цифровых навыков системы SFIA7 представлена (на двух языках) в таблице 2.2. Категории навыков пронумерованы и выделены жирным шрифтом, подкатегории выделены подчёркиванием.

Таблица 2.2. Система цифровых навыков SFIA7

Категории/подкатегории/навыки	Категории/подкатегории/навыки
1. Strategy and architecture Information strategy Enterprise IT governance GOVN Strategic planning ITSP Information governance IRMG Information systems coordination ISCO Information security SCTY Information assurance INAS Analytics INAN Data visualisation VISL Information content publishing ICPM Advice and guidance Consultancy CNSL Specialist advice TECH Business strategy and planning Demand management DEMM IT management ITMG Financial management FMIT Innovation INOV Research RSCH Business process improvement BPRE Knowledge management KNOW Enterprise and business architecture STPL Business risk management BURM Sustainability SUST Technology strategy and planning Emerging technology monitoring EMRG Continuity management COPL Network planning NTPL Solution architecture ARCH Data management DATM Methods and tools METL	1. Стратегия и архитектура Информационная стратегия Корпоративный ИТ-менеджмент GOVN Стратегическое планирование ITSP Информационное управление IRMG Координация информационных систем ISCO Информационная безопасность SCTY Информационное обеспечение INAS Аналитика INAN Визуализация данных VISL Публикация информационного контента ICPM Советы и рекомендации Консультация CNSL Консультация специалиста TECH Бизнес-стратегия и планирование Управление спросом DEMM ИТ-менеджмент ITMG Финансовый менеджмент FMIT Иновации INOV Исследования RSCH Улучшение бизнес-процессов BPRE Управление знаниями KNOW Архитектура предприятия и бизнеса STPL Управление бизнес-рисками BURM Устойчивость SUST Технологическая стратегия и планирование Новые технологии мониторинга EMRG Управление непрерывностью COPL Сетевое планирование NTPL Архитектура решения ARCH Управление данными DATM Методы и инструменты METL
2. Change and transformation Business change implementation Portfolio management POMG Programme management PGMG Project management PRMG Portfolio, programme and project support PROF Business change management Business analysis BUAN Business modelling BSMO Requirements definition and management REQM Organisational capability development OCDV Organisation design and implementation ORDI Change implementation planning and management CIPM Business process testing BPTS Benefits management BENM	2. Изменение и трансформация Реализация бизнес-изменений Управление портфелем POMG Управление программами PGMG Управление проектами PRMG Поддержка портфолио, программ и проектов PROF Управление изменениями бизнеса Бизнес-анализ BUAN Бизнес-моделирование BSMO Определение требований и управление REQM Развитие организационных возможностей OCDV Организация и реализация ORDI Изменение планирования и управления внедрением CIPM Проверка бизнес-процессов BPTS Управление преимуществами BENM
3. Development and implementation Systems development Systems development management DLMG Systems design DESN Software design SWDN Programming/software development PROG Real-time/embedded systems development RESD Animation development ADEV Data modelling and design DTAN Database design DBDS Network design NTDS Testing TEST	3. Разработка и внедрение Разработка систем Управление развитием систем DLMG Проектирование систем DESN Разработка ПО SWDN Программирование/разработка ПО PROG Разработка в режиме реального времени/встроенных систем RESD Развитие анимации ADEV Моделирование и дизайн данных DTAN База данных DBDS Сетевой дизайн NTDS Тестирование теста

Таблица 2.2 – Продолжение

<p>Safety engineering SFEN Information content authoring INCA User experience User research URCH User experience analysis UNAN User experience design HCEV User experience evaluation USEV Installation and integration Systems integration and build SINT Porting/software configuration PORT Hardware design HWDE Systems installation/decommissioning HSIN</p>	<p>Техника безопасности SFEN Создание информационного наполнения INCA Пользовательский опыт Исследование пользователей URCH Анализ опыта пользователей UNAN Дизайн пользовательского интерфейса HCEV Оценка пользовательского опыта USEV Установка и интеграция Системная интеграция и сборка SINT Конфигурация/портирование ПО PORT Проектирование оборудования HWDE Установка/снятие систем HSIN</p>
<p>4 Delivery and operation Service design Availability management AVMT Service level management SLMO Service transition Service acceptance SEAC Configuration management CFMG Asset management ASMG Change management CHMG Release and deployment RELM Service operation System software SYSP Capacity management CPMG Security administration SCAD Penetration testing PENT Radio frequency engineering RFEN Application support ASUP IT infrastructure ITOP Database administration DBAD Storage management STMG Network support NTAS Problem management PBMG Incident management USUP Facilities management DCMA</p>	<p>4 Доставка и эксплуатация Дизайн услуги Управление доступностью AVMT Управление уровнем сервиса SLMO Переход на обслуживание Приемка услуг SEAC Управление конфигурацией CFMG Управление активами ASMG Управление изменениями CHMG Релиз и развертывание RELM Эксплуатация сервиса Системное ПО SYSP Управление мощностью CPMG Управление безопасностью SCAD Нагрузочное тестирование PENT Радиочастотная техника RFEN Поддержка приложений ASUP ИТ-инфраструктура ITOP Администрирование базы данных DBAD Управление хранением STMG Поддержка сети NTAS Управление проблемами PBMG Управление инцидентами USUP Управление объектами DCMA</p>
<p>5. Skills and quality Skill management Learning and development management ETMG Competency assessment LEDA Learning design and development TMCR Learning delivery ETDL Teaching and subject formation TEAC People management Performance management PEMT Resourcing RESC Professional development PDSV Quality and conformance Quality management QUMG Quality assurance QUAS Measurement MEAS Conformance review CORE Safety assessment SFAS Digital forensics DGFS</p>	<p>5. Навыки и качество Управление навыками Управление обучением и развитием ETMG Оценка компетентности LEDA Обучение и разработка обучения TMCR Обучение ETDL Обучение и формирование темы TEAC Управление персоналом Управление производительностью PEMT Ресурс RESC Профессиональное развитие PDSV Качество и соответствие Управление качеством QUMG Обеспечение качества QUAS Измерение MEAS Обзор соответствия CORE Оценка безопасности SFAS Цифровая криминалистика DGFS</p>
<p>6. Relationships and engagement Stakeholder management Sourcing SORC Supplier management SUPP Contract management ITCM Relationship management RLMT Customer service support CSMG</p>	<p>6. Отношения и взаимодействие Управление заинтересованными сторонами Поиск SORC Управление поставщиками SUPP Управление контрактами ITCM Управление взаимоотношениями RLMT Поддержка клиентов CSMG</p>

Таблица 2.2 – Продолжение

Sales and marketing	Продажи и маркетинг
Marketing MKTG	Маркетинг MKTG
Selling SALE	Продажа SALE
Sales support SSUP	Поддержка продаж SSUP
Product management PROD	Управление продуктами PROD

Для описания навыков в SFIA используется двумерная таблица, колонки которой имеют следующие названия: категория, подкатегория, название, код навыка, а также уровни ответственности (L), называемые еще уровнями компетентности. Уровень L можно рассматривать в качестве индекса, который определяет в массиве описаний навыков фрагмент текста конкретного навыка, соответствующий данному уровню ответственности.

В SFIA определены семь уровней ответственности (т.е. в общем случае L принимает значения от 1 до 7), которые названы следующими глаголами в повелительном наклонении:

L=1 — следуй;

L=2 — помогай;

L=3 — применяй;

L=4 — создавай возможности;

L=5 — обеспечивай/советуй;

L=6 — иницируй/вливай;

L=7 — формулируй стратегию, вдохновляй и мобилизуй.

Семантика каждого уровня ответственности определяется по единому шаблону, содержащему следующие пять разделов:

- Autonomy (Автономия)
- Influence (Влияние)
- Complexity (Сложность)
- Knowledge (Знание)
- Business skills (Бизнес навыки)

Описание на двух языках семантики уровней ответственности L приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Семантика уровней ответственности SFIA7

Responsibility Levels	Уровни ответственности
Responsibility Level 1	Уровень ответственности 1
Autonomy	Автономия
Works under supervision. Uses little discretion. Is expected to seek guidance in unexpected situations.	Работает под наблюдением. Использует небольшое усмотрение. Ожидается, что он найдет руководство в неожиданных ситуациях.
Influence	Влияние
Minimal influence. May work alone, or interact with immediate colleagues.	Минимальное влияние. Может работать самостоятельно или взаимодействовать с непосредственными коллегами.
Complexity	Сложность
Performs routine activities in a structured environment. Requires assistance in resolving unexpected problems.	Выполняет рутинные действия в структурированной среде. Требуется помощь в решении непредвиденных проблем.
Knowledge	Знание
Has a basic generic knowledge appropriate to area of work. Applies newly acquired knowledge to develop new skills.	Имеет базовые общие знания, соответствующие области работы. Применяет приобретенные знания для разработки новых навыков.

Таблица 2.3 – Продолжение

Responsibility Levels	Уровни ответственности
<p>Business skills Has sufficient communication skills for effective dialogue with others. Demonstrates an organised approach to work. Uses basic systems and tools, applications, and processes. Contributes to identifying own development opportunities. Follows code of conduct, ethics and organisational standards. Is aware of health and safety issues. Understands and applies basic personal security practice.</p>	<p>Бизнес навыки Имеет достаточные навыки общения для эффективного диалога с другими. Демонстрирует организованный подход к работе. Использует основные системы и инструменты, приложения и процессы. Способствует определению собственных возможностей развития. Выполняет кодекс поведения, этику и организационные стандарты. Знает о проблемах здоровья и безопасности. Понимает и применяет основную практику личной безопасности.</p>
<p>Responsibility Level 2 Autonomy Works under routine direction. Uses limited discretion in resolving issues or enquiries. Works without frequent reference to others. Influence Interacts with and may influence immediate colleagues. May have some external contact with customers, suppliers and partners. May have more influence in own domain. Aware of need to collaborate with team and represent users/customer needs. Complexity Performs a range of work activities in varied environments. May contribute to routine issue resolution. Knowledge Demonstrates application of essential generic knowledge typically found in industry bodies of knowledge. Has gained a basic domain knowledge. Absorbs new information when it is presented systematically and applies it effectively. Business skills Has sufficient communication skills for effective dialogue with customers, suppliers and partners. Is able to work in a team. Is able to plan, schedule and monitor own work within short time horizons. Demonstrates a rational and organised approach to work. Understands and uses appropriate methods, tools and applications. Identifies and negotiates own development opportunities. Is fully aware of and complies with essential organisational security practices expected of the individual.</p>	<p>Уровень ответственности 2 Автономия Работает в ручном режиме. Использует ограниченное усмотрение при решении вопросов или запросов. Работает без частых ссылок на других. Влияние Взаимодействует и может влиять на непосредственных коллег. Может иметь внешний контакт с клиентами, поставщиками и партнерами. Может иметь большее влияние в собственной области. Осознавая необходимость сотрудничать с командой и представлять интересы пользователей/клиентов. Сложность Выполняет ряд рабочих операций в различных условиях. Может способствовать рутинному разрешению проблем. Знание Демонстрирует применение основных генерических знаний, обычно встречающихся в отраслевых органах знаний. Получил базовые знания домена. Поглощает новую информацию, когда она представлена, систематически и эффективно ее применяет. Бизнес навыки Имеет достаточные навыки общения для эффективного диалога с клиентами, поставщиками и партнерами. Могу работать в команде. Имеет возможность планировать, планировать и контролировать собственную работу в короткие сроки. Демонстрирует рациональный и организованный подход к работе. Понимает и использует соответствующие методы, инструменты и приложения. Определяет и ведет переговоры о собственных возможностях развития. Полностью осознает и соблюдает основные организационные меры безопасности, ожидаемые от человека.</p>
<p>Responsibility Level 3 Autonomy Works under general direction. Uses discretion in identifying and responding to complex issues and assignments. Receives specific direction, accepts guidance and has work reviewed at agreed milestones. Determines when issues should be escalated to a higher level. Influence Interacts with and influences colleagues. Has working level contact with customers, suppliers and partners. May supervise others or make decisions which impact the work assigned to individuals or phases of projects. Understands and collaborates on the analysis of user/customer needs and represents this in their work.</p>	<p>Уровень ответственности 3 Автономия Работает под общим руководством. Использует дискреционные полномочия при определении и реагировании на сложные вопросы и задания. Получает конкретное направление, принимает руководство и проверяет работу на согласованных этапах. Определяет, когда проблемы должны быть увеличены до более высокого уровня. Влияние Взаимодействует с коллегами и влияет на них. Имеет рабочий контакт с клиентами, поставщиками и партнерами. Может контролировать других или принимать решения, которые влияют на работу, порученную отдельным лицам или этапам проектов. Понимает и сотрудничает в анализе потребностей пользователей/клиентов и представляет это в своей работе.</p>

Таблица 2.3 – Продолжение

Responsibility Levels	Уровни ответственности
<p>Complexity Performs a range of work, sometimes complex and non-routine, in a variety of environments. Applies methodical approach to issue definition and resolution.</p> <p>Knowledge Has a sound generic, domain and specialist knowledge necessary to perform effectively in the organisation typically gained from recognised bodies of knowledge and organisational information. Demonstrates effective application of knowledge. Has an appreciation of the wider business context. Takes action to develop own knowledge.</p> <p>Business skills Demonstrates effective communication skills. Plans, schedules and monitors own work (and that of others where applicable) competently within limited deadlines and according to relevant legislation, standards and procedures. Contributes fully to the work of teams. Appreciates how own role relates to other roles and to the business of the employer or client. Demonstrates an analytical and systematic approach to issue resolution. Takes the initiative in identifying and negotiating appropriate personal development opportunities. Understands how own role impacts security and demonstrates routine security practice and knowledge required for own work.</p>	<p>Сложность Выполняет ряд работ, иногда сложных и нестандартных, в различных средах. Применяет методический подход к определению и разрешению проблемы.</p> <p>Знание Имеет звуковые общие, доменные и специальные знания, необходимые для эффективной работы в организации, обычно получаемой от признанных органов знаний и организационной информации. Демонстрирует эффективное применение знаний. Оценивает более широкий бизнес-контекст. Принимает меры для развития собственных знаний.</p> <p>Бизнес навыки Демонстрирует эффективные коммуникативные навыки. Планирует, планирует и контролирует собственную работу (и работу других, когда это применимо) компетентно в ограниченные сроки и в соответствии с соответствующим законодательством, стандартами и процедурами. Вносит полный вклад в работу команд. Оценивает, как собственная роль относится к другим ролям и к бизнесу работодателя или клиента. Демонстрирует аналитический и систематический подход к решению проблемы. Принимает инициативу по определению и обсуждению соответствующих возможностей личного развития. Понимает, как собственная роль влияет на безопасность и демонстрирует рутинную практику безопасности и знания, необходимые для собственной работы.</p>
<p>Responsibility Level 4</p> <p>Autonomy Works under general direction within a clear framework of accountability. Exercises substantial personal responsibility and autonomy. Plans own work to meet given objectives and processes.</p> <p>Influence Influences customers, suppliers and partners at account level. May have some responsibility for the work of others and for the allocation of resources. Participates in external activities related to own specialism. Makes decisions which influence the success of projects and team objectives. Collaborates regularly with team members, users and customers. Engages to ensure that user needs are being met throughout.</p> <p>Complexity Work includes a broad range of complex technical or professional activities, in a variety of contexts. Investigates, defines and resolves complex issues.</p>	<p>Уровень ответственности 4</p> <p>Автономия Работает под общим руководством в четких рамках подотчетности. Управляет существенной личной ответственностью и автономией. Планирует собственную работу для достижения поставленных целей и процессов.</p> <p>Влияние Влияет на клиентов, поставщиков и партнеров на уровне аккаунта. Может нести определенную ответственность за работу других и за выделение ресурсов. Участвует во внешней деятельности, связанной с собственным специализмом. Принимает решения, которые влияют на успех проектов и командных целей. Сотрудничает с членами команды, пользователями и клиентами. Занимается обеспечением того, чтобы потребности пользователей удовлетворялись во всем.</p> <p>Сложность Работа включает в себя широкий спектр сложных технических или профессиональных мероприятий в различных контекстах. Расследует, определяет и решает сложные проблемы.</p>

Таблица 2.3 – Продолжение

Responsibility Levels	Уровни ответственности
<p>Knowledge Has a thorough understanding of recognised generic industry bodies of knowledge and specialist bodies of knowledge as necessary. Has gained a thorough knowledge of the domain of the organisation. Is able to apply the knowledge effectively in unfamiliar situations and actively maintains own knowledge and contributes to the development of others. Rapidly absorbs new information and applies it effectively. Maintains an awareness of developing practices and their application and takes responsibility for driving own development.</p> <p>Business skills Communicates fluently, orally and in writing, and can present complex information to both technical and nontechnical audiences. Plans, schedules and monitors work to meet time and quality targets. Facilitates collaboration between stakeholders who share common objectives. Selects appropriately from applicable standards, methods, tools and applications. Fully understands the importance of security to own work and the operation of the organisation. Seeks specialist security knowledge or advice when required to support own work or work of immediate colleagues.</p>	<p>Знание Имеет полное понимание признанных общих отраслевых органов знаний и специализированных органов знаний по мере необходимости. Получил полное знание области организации. Способна эффективно применять знания в незнакомых ситуациях и активно поддерживает собственные знания и способствует развитию других. Быстро впитывает новую информацию и эффективно ее применяет. Поддерживает осведомленность о разработке практики и их применении и берет на себя ответственность за собственное развитие.</p> <p>Бизнес навыки Коммуникация плавно, устно и письменно и может представлять сложную информацию как для технической, так и для нетехнической аудитории. Планы, графики и мониторы работают для достижения целей времени и качества. Содействует сотрудничеству между заинтересованными сторонами, которые имеют общие цели. Соответствует соответствующим стандартам, методам, инструментам и приложениям. Полностью понимает важность безопасности для работы и работы организации. Ищет знания или рекомендации по безопасности специалиста, когда это необходимо для поддержки собственной работы или работы ближайших коллег.</p>
<p>Responsibility Level 5</p> <p>Autonomy Works under broad direction. Work is often self-initiated. Is fully responsible for meeting allocated technical and/or project/supervisory objectives. Establishes milestones and has a significant role in the assignment of tasks and/or responsibilities.</p> <p>Influence Influences organisation, customers, suppliers, partners and peers on the contribution of own specialism. Builds appropriate and effective business relationships. Makes decisions which impact the success of assigned work, i.e. results, deadlines and budget. Has significant influence over the allocation and management of resources appropriate to given assignments. Leads on user/customer collaboration throughout all stages of work. Ensures users' needs are met consistently through each work stage.</p> <p>Complexity Performs an extensive range and variety of complex technical and/or professional work activities. Undertakes work which requires the application of fundamental principles in a wide and often unpredictable range of contexts. Understands the relationship between own specialism and wider customer/organisational requirements.</p>	<p>Уровень ответственности 5</p> <p>Автономия Работает в широком направлении. Работа часто проводится самостоятельно. Полностью отвечает за выполнение намеченных технических и/или проектных/контрольных задач. Устанавливает вехи и играет значительную роль в распределении задач и/или обязанностей.</p> <p>Влияние Влияет на организацию, клиентов, поставщиков, партнеров и коллег на вклад собственного специализма. Создает надлежащие и эффективные деловые отношения. Принимает решения, которые влияют на успех назначенной работы, т.е. результаты, сроки и бюджет. Имеет существенное влияние на распределение и управление ресурсами, подходящими для заданных заданий. Ведет сотрудничество с пользователем/клиентом на всех этапах работы. Обеспечивает постоянное удовлетворение потребностей пользователей на каждом этапе работы.</p> <p>Сложность Выполняет широкий спектр разнообразных технических и/или профессиональных работ. Выполняет работу, которая требует применения фундаментальных принципов в широком и часто непредсказуемом диапазоне контекстов. Понимает взаимосвязь между собственным специализмом и более широкими требованиями заказчика/организации.</p>

Таблица 2.3 – Продолжение

Responsibility Levels	Уровни ответственности
<p>Knowledge Is fully familiar with recognised industry bodies of knowledge both generic and specific. Actively seeks out new knowledge for own personal development and the mentoring or coaching of others. Develops a wider breadth of knowledge across the industry or business. Applies knowledge to help to define the standards which others will apply.</p> <p>Business skills Demonstrates leadership. Communicates effectively, both formally and informally. Facilitates collaboration between stakeholders who have diverse objectives. Analyses, designs, plans, executes and evaluates work to time, cost and quality targets. Analyses requirements and advises on scope and options for continuous operational improvement. Takes all requirements into account when making proposals. Demonstrates creativity, innovation and ethical thinking in applying solutions for the benefit of the customer/stakeholder Advises on the available standards, methods, tools and applications relevant to own specialism and can make appropriate choices from alternatives. Maintains an awareness of developments in the industry. Takes initiative to keep skills up to date. Mentors colleagues. Assesses and evaluates risk. Proactively ensures security is appropriately addressed within their area by self and others. Engages or works with security specialists as necessary. Contributes to the security culture of the organisation.</p>	<p>Знание Полностью знаком с признанными отраслевыми органами знаний как общих, так и конкретных. Активно ищет новые знания для собственного развития личности и наставничества или коучинга других. Развивает более широкие знания в отрасли или бизнесе. Применяет знания, чтобы помочь определить стандарты, которые будут применяться другими.</p> <p>Бизнес навыки Демонстрирует лидерство. Общается эффективно, как формально, так и неформально. Содействует сотрудничеству между заинтересованными сторонами, которые имеют разные цели. Анализирует, проектирует, планирует, выполняет и оценивает результаты работы, времени и затрат. Анализирует требования и дает рекомендации по охвату и вариантам непрерывного совершенствования работы. Принимает во внимание все требования при внесении предложений. Демонстрирует креативность, инновации и этическое мышление при применении решений в интересах клиента/заинтересованного лица. Консультирует о доступных стандартах, методах, инструментах и приложениях, имеющих отношение к своему специальному значению, и может делать правильный выбор из альтернатив. Поддерживает понимание развития отрасли. Принимает инициативу, чтобы постоянно обновлять навыки. Наставники коллег. Оценивает и оценивает риск. Упреждающее обеспечение безопасности должным образом рассматривается в своей области самим и другими. При необходимости сотрудничает или работает с специалистами по безопасности. Способствует культуре безопасности организации.</p>
<p>Responsibility Level 6</p> <p>Autonomy Has defined authority and accountability for actions and decisions within a significant area of work, including technical, financial and quality aspects. Establishes organisational objectives and assigns responsibilities.</p> <p>Influence Influences policy and strategy formation. Initiates influential relationships with internal and external customers, suppliers and partners at senior management level, including industry leaders. Makes decisions which impact the work of employing organisations, achievement of organisational objectives and financial performance.</p> <p>Complexity Has a broad business understanding and deep understanding of own specialism(s). Performs highly complex work activities covering technical, financial and quality aspects. Contributes to the implementation of policy and strategy. Creatively applies a wide range of technical and/or management principles.</p> <p>Knowledge Promotes the application of generic and specific bodies of knowledge in own organisation. Has developed business knowledge of the activities and practices of own organisation and those of suppliers, partners, competitors and clients.</p>	<p>Уровень ответственности 6</p> <p>Автономия Определяет полномочия и ответственность за действия и решения в значительной области работы, включая технические, финансовые и качественные аспекты. Устанавливает организационные цели и распределяет обязанности.</p> <p>Влияние Влияет на формирование политики и стратегии. Иницирует влиятельные отношения с внутренними и внешними клиентами, поставщиками и партнерами на уровне высшего руководства, включая лидеров отрасли. Принимает решения, которые влияют на работу организаций-работодателей, достижение организационных целей и финансовых показателей.</p> <p>Сложность Обладает широким пониманием бизнеса и глубоким пониманием собственного специалиста (ов). Выполняет очень сложные рабочие мероприятия, охватывающие технические, финансовые и качественные аспекты. Способствует осуществлению политики и стратегии. Творчески применяет широкий спектр технических и/или управленческих принципов.</p> <p>Знание Способствует применению общих и конкретных органов знаний в собственной организации. Разработал бизнес-знания о деятельности и практике собственной организации, а также поставщиков, партнеров, конкурентов и клиентов.</p>

Таблица 2.3 – Продолжение

Responsibility Levels	Уровни ответственности
<p>Business skills Demonstrates clear leadership. Communicates effectively at all levels to both technical and non-technical audiences. Understands the implications of new technologies. Understands and communicates industry developments, and the role and impact of technology in the employing organisation. Absorbs complex information. Promotes compliance with relevant legislation and the need for services, products and working practices to provide equal access and equal opportunity to people with diverse abilities. Takes the initiative to keep both own and colleagues' skills up to date. Manages and mitigates risk. Takes a leading role in promoting security throughout own area of responsibilities and collectively in the organisations.</p>	<p>Бизнес навыки Демонстрирует четкое руководство. Эффективно взаимодействует на всех уровнях как с технической, так и с нетехнической аудиторией. Понимает последствия новых технологий. Понимает и сообщает об изменениях в отрасли, а также о роли и влиянии технологий в организации-работодателе. Поглощает сложную информацию. Способствует соблюдению соответствующего законодательства и необходимости предоставления услуг, продуктов и методов работы для обеспечения равного доступа и равных возможностей для людей с различными способностями. Принимает инициативу по обновлению навыков своих и коллег. Управляет и смягчает риск. Принимает ведущую роль в продвижении безопасности во всей области ответственности и коллективно в организациях.</p>
<p>Responsibility Level 7 Autonomy At the highest organisational level, has authority over all aspects of a significant area of work, including policy formation and application. Is fully accountable for actions taken and decisions made, both by self and others to whom responsibilities have been assigned.</p> <p>Influence Makes decisions critical to organisational success. Inspires the organisation, and influences developments within the industry at the highest levels. Advances the knowledge and/or exploitation of technology within one or more organisations. Develops long-term strategic relationships with customers, partners, industry leaders and government.</p> <p>Complexity Leads on the formulation and implementation of strategy. Applies the highest level of leadership skills. Has a deep understanding of the industry and the implications of emerging technologies for the wider business environment.</p> <p>Knowledge Has established a broad and deep business knowledge including the activities and practices of own organisation and a broad knowledge of those of suppliers, partners, competitors and clients. Fosters a culture to encourage the strategic application of generic and specific bodies of knowledge within own area of influence.</p>	<p>Уровень ответственности 7 Автономия На самом высоком организационном уровне имеет полномочия по всем аспектам значительного объема работы, включая формирование политики и ее применение. Полностью отвечает за предпринятые действия и принимаемые решения как самим собой, так и другими лицами, которым были назначены обязанности.</p> <p>Влияние Принимает решения, имеющие решающее значение для успеха организации. Вдохновляет организацию и влияет на развитие в отрасли на самых высоких уровнях. Увеличивает знания и/или использует технологии в рамках одной или нескольких организаций. Развивает долгосрочные стратегические отношения с клиентами, партнерами, лидерами отрасли и правительством.</p> <p>Сложность Приводит к разработке и реализации стратегии. Применяет наивысший уровень лидерских навыков. Имеет глубокое понимание отрасли и последствия новых технологий для более широкой бизнес-среды.</p> <p>Знание Создал широкие и глубокие знания в бизнесе, включая деятельность и практику собственной организации, а также обширные знания в отношении поставщиков, партнеров, конкурентов и клиентов. Создает культуру для поощрения стратегического применения родовых и конкретных органов знаний в пределах собственной области влияния.</p>

Таблица 2.3 – Продолжение

Responsibility Levels	Уровни ответственности
Business skills Has a full range of strategic management and leadership skills. Communicates the potential impact of emerging practices and technologies on organisations and individuals and assesses the risks of using or not using such practices and technologies. Understands, explains and presents complex ideas to audiences at all levels in a persuasive and convincing manner. Assesses the impact of legislation and actively promotes compliance and inclusivity. Ensures that the organisation develops and mobilises the full range of required skills and capabilities. Champions security within own area of work and throughout the organisation.	Бизнес навыки Обладает полным набором стратегических навыков управления и лидерства. Сообщает о потенциальном воздействии возникающих практик и технологий на организации и отдельных лиц и оценивает риски использования или отсутствия такой практики и технологий. Понимает, объясняет и представляет сложные идеи для зрителей на всех уровнях убедительным и убедительным образом. Оценивает влияние законодательства и активно способствует соблюдению и включению. Обеспечивает, чтобы организация разрабатывала и мобилизовала весь спектр необходимых навыков и возможностей. Защищает чемпионов в пределах своей области работы и всей организации.

В основном тексте стандарта SFIA (назовем его **справочником навыков**) для каждого навыка представлено его общее описание, а также список описаний, конкретизирующих это общее описание для каждого уровня ответственности, на котором данный навык может реализовываться [24].

Такая модель спецификации навыка в системе SFIA (в нашем понимании абстрактного навыка) представляет собой простую структуру, которая включает следующие поля:

- наименование навыка (Skill name);
- код навыка (Skill code) — уникальный код, используемый в качестве мнемонической идентификации;
- общее описание навыка (без ссылок на уровни ответственности);
- описание уровней навыка — список описаний вида — «Уровень навыка (Level description): Определение навыка для данного уровня ответственности выполнения навыка».

В качестве примера описания навыков согласно системы SFIA в таблице 2.4 приведено описание навыка «Цифровая судебная экспертиза (Digital forensics)» на английском и на русском языке (в правой и левой колонке соответственно).

Таблица 2.4. Пример описания навыка «Цифровая судебная экспертиза» (Digital forensics) в справочнике навыков SFIA.

Skill name: Digital forensics	Имя навыка: Цифровая судебная экспертиза
Skill code: DGFS	Код навыка: DGFS
Skill description: The collection, processing, preserving, analysis, and presentation of forensic evidence based on the totality of findings including computer-related evidence in support of security vulnerability mitigation and/or criminal, fraud, counterintelligence, or law enforcement investigations.	Описание навыка: Сбор, обработка, сохранение, анализ и представление судебных доказательств на основе совокупности результатов, включая компьютерные Сбор, обработка, сохранение, анализ и представление судебных доказательств на основе совокупности результатов, включая компьютерные доказательства, по снижению уязвимости безопасности и/или расследований по уголовным делам, мошенничеству, контрразведки или правоохрнительных расследований.

Таблица 2.4 – Продолжение

Skill name: Digital forensics	Имя навыка: Цифровая судебная экспертиза
Level description: Level 6: Sets policies and standards and guidelines for how the organisation conducts digital forensic investigations. Leads and manages complex investigations engaging additional specialists if required. Authorises the release of formal forensics reports. Level 5: Conducts investigations to correctly gather, analyse and present the totality of findings including digital evidence to both business and legal audiences. Collates conclusions and recommendations and presents forensics findings to stakeholders. Contributes to the development of policies, standards and guidelines. Level 4: Contributes to digital forensic investigations. Processes and analyses evidence in line with policy, standards and guidelines and supports production of forensics findings and reports.	Описание уровней: Уровень 6: Устанавливает политики и стандарты и руководящие принципы для того, как организация проводит цифровые судебные расследования. Руководит и управляет сложными расследованиями, привлекая дополнительных специалистов, если это необходимо. Разрешает выпуск официальных отчетов судебно-медицинской экспертизы. Уровень 5: Проводит расследования для правильного сбора, анализа и представления всей совокупности результатов, включая цифровые доказательства, как деловой, так и юридической аудитории. Собирает выводы и рекомендации и представляет результаты судебной экспертизы заинтересованным сторонам. Способствует разработке политики, стандартов и руководств. Уровень 4: способствует цифровым судебно-медицинским расследованиям. Обрабатывает и анализирует фактические данные в соответствии с политикой, стандартами и руководящими принципами и поддерживает подготовку результатов и отчетов по судебной экспертизе.

При использовании конкретного экземпляра навыка SFIA для заданного уровня ответственности L его описание конструируется на основе справочника навыков SFIA посредством копирования спецификаций, относящихся к заданному уровню ответственности навыка, по шаблону (модели навыка SFIA), представленному в таблице 2.5.

Таблица 2.5. Модель описания навыка SFIA

1.	Наименование навыка (Skill name)
2.	Код навыка (Skill code)
3.	Общее описание навыка (без ссылок на уровни ответственности)
4.	L — уровень ответственности навыка (Responsibility Level) (*)
5.	Копируемый из справочника L-й фрагмент спецификаций навыка, соответствующий уровню L (L level description)

(*) — предполагается копирование в это поле фрагмента текста из таблицы 2.3 с описанием семантики уровня L.

Для примера описания цифровых навыков в соответствии с представленной в таблице 2.5 моделью приведем описания двух навыков, которые используем в дальнейшем изложении.

В таблице 2.6 приведено описание навыка «Программирование/разработка программного обеспечения» (Programming/software development — PROG) для уровня L=4.

В таблице 2.7 приведено описание близкого по содержанию навыка — «Проектирование программного обеспечения» (Software design — SWDN) для уровня L=4.

Таблица 2.6. Описание навыка «Программирование/разработка программного обеспечения» (Programming/software development — PROG) с уровнем L=4

Skill name: Programming/software development	Имя навыка: Цифровая судебная экспертиза.
Skill code: PROG	Код навыка: DGFS
Skill description: The planning, designing, creation, amending, verification, testing and documentation of new and amended software components in order to deliver agreed value to stakeholders. The identification, creation and application of agreed software development and security standards and processes. Adopting and adapting software development lifecycle models based on the context of the work and selecting appropriately from predictive (plan-driven) approaches or adaptive (iterative/agile) approaches.	Описание навыка: Планирование, проектирование, создание, изменение, проверка, тестирование и документирование новых и измененных программных компонентов для обеспечения согласованной ценности заинтересованным сторонам. Идентификация, создание и применение согласованных стандартов и процессов разработки и безопасности программного обеспечения. Принятие и адаптация моделей жизненного цикла разработки программного обеспечения на основе контекста работы и надлежащего выбора из прогностических (ориентированных на план) подходов или адаптивных (итеративных/гибких) подходов.
L — Responsibility Level = 4 (*)	L — Уровень ответственности навыка = 4(*)
Level 4: Designs, codes, verifies, tests, documents, amends and refactors complex programs/scripts and integration software services. Contributes to selection of the software development approach for projects, selecting appropriately from predictive (plan-driven) approaches or adaptive (iterative/agile) approaches. Applies agreed standards and tools, to achieve well-engineered outcomes. Participates in reviews of own work and leads reviews of colleagues' work.	Уровень 4: Разрабатывает, кодирует, проверяет, тестирует, документирует, исправляет и реорганизует сложные программы/скрипты и услуги программного обеспечения для интеграции. Способствует выбору подходов к разработке программного обеспечения для проектов, подбором подходящих из прогнозируемых (ориентированных на план) подходов или адаптивных (итеративных / гибких) подходов. Применяет согласованные стандарты и инструменты для достижения хорошо спроектированных результатов. Участвует в обзорах собственной работы и ведет обзоры работы коллег.

(*) — см. сноску к таблице 2.5

Теперь рассмотрим пример, показывающий возможность использования системы SFIA для описания профессиональных ролей или должностей [26].

Допустим, у руководителя некоторого проекта X имеется вакансия на должность разработчика программного обеспечения (ПО) — «Программист-разработчик ПО проекта X», которую ему требуется заполнить. Описание вакансии (профессиональных требований к вакантной должности, точнее к исполнителю роли в этой должности) руководитель определил с помощью таблицы 2.8 (без конкретизации контекста рабочего места — используемых технологий, стандартов, методов, оборудования и т.п.).

Из приведенного в таблице 2.8 описания требований к вакантной должности ясно, что кандидат на соответствующую роль должен обладать сразу несколькими навыками. Для агрегирования функциональности навыков в технологии SFIA применяется понятие **профиля навыков**. Под профилем можно понимать обычную папку с вложенными в нее описаниями навыков, которая описывает более сложный навык, суммирующий компетентности составляющих его навыков (навыков-доноров). Таким образом, с помощью аппарата профилей можно конструировать описания составных навыков, описывающих достаточно полно профессиональные роли. Такие профили будем называть сопутствующими ролями/должностям.

Таблица 2.7. Описание навыка — «Проектирование программного обеспечения» (Software design — SWDN) для уровня L=4

Skill name: Software design	Имя навыка: Проектирование программного обеспечения
Skill code: SWDN	Код навыка: SWDN
Skill description: The specification and design of software to meet defined requirements by following agreed design standards and principles. The definition of software, components, interfaces and related characteristics. The identification of concepts and patterns and the translation into a design which provides a basis for software construction and verification. The evaluation of alternative solutions and trade-offs. The facilitation of design decisions within the constraints of systems designs, design standards, quality, feasibility, extensibility and maintainability. The development and iteration of prototypes/simulations to enable informed decision-making. The adoption and adaptation of software design models, tools and techniques based on the context of the work and selecting appropriately from predictive (plan-driven) approaches or adaptive (iterative/agile) approaches.	Описание навыка: Спецификация и дизайн программного обеспечения для удовлетворения определенных требований, следуя согласованным стандартам и принципам проектирования. Определение программного обеспечения, компонентов, интерфейсов и связанных с ними характеристик. Идентификация концепций и шаблонов и перевод в проект, который обеспечивает основу для разработки и проверки программного обеспечения. Оценка альтернативных решений и компромиссов. Упрощение проектных решений в рамках ограниченной системных конструкций, стандартов проектирования, качества, осуществимости, расширяемости и ремонтопригодности. Разработка и итерация прототипов/имитаций для принятия обоснованных решений. Принятие и адаптация моделей, инструментов и методов проектирования программного обеспечения на основе контекста работы и надлежащего выбора из прогностических (ориентированных на план) подходов или адаптивных (итеративных/гибких) подходов.
L — Responsibility Level = 4 (*)	L — Уровень ответственности навыка = 4(*)
Level 4: Designs software components and modules using appropriate modelling techniques following agreed software design standards, patterns and methodology. Creates and communicates multiple design views to identify and balance the concerns of all stakeholders of the software design and to allow for both functional and non-functional requirements. Identifies and evaluates alternative design options and trade-offs. Recommends designs which take into account target environment, performance security requirements and existing systems. Reviews, verifies and improves own designs against specifications. Leads reviews of others' designs. Models, simulates or prototypes the behavior of proposed software to enable approval by stakeholders, and effective construction of the software. Verifies software design by constructing and applying appropriate methods.	Уровень 4: Проектирует программные компоненты и модули с использованием соответствующих методов моделирования в соответствии с согласованными стандартами, шаблонами и методологией проектирования программного обеспечения. Создает и связывает несколько представлений дизайна, чтобы выявлять и балансировать проблемы всех заинтересованных сторон в разработке программного обеспечения и учитывать как функциональные, так и нефункциональные требования. Определяет и оценивает альтернативные варианты проектирования и компромиссы. Рекомендует проекты, которые учитывают целевую среду, требования безопасности производительности и существующие системы. Обзоры, проверяет и улучшает собственные проекты по спецификациям. Проводит обзоры других проектов. Моделирует, моделирует или прототипирует поведение предлагаемого программного обеспечения для обеспечения одобрения заинтересованными сторонами и эффективного построения программного обеспечения. Проверяет дизайн программного обеспечения, создавая и применяя соответствующие методы.

Таблица 2.8. Описание требований к вакантной должности «Программист-разработчик ПО проекта X».

Производственные требования	Социально-личностные (поведенческие) аспекты
1. Решать заданный класс по разработке ПО на основе методологии жизненного цикла ПО: 2. Писать хорошо разработанный, тестируемый, эффективный код своевременно, чтобы удовлетворять срокам и периодам отчетности. 3. Готовить спецификации и определять эксплуатационные возможности 4. Интегрировать программные компоненты в полнофункциональную программную систему 5. Документировать и поддерживать функциональность программного обеспечения 6. Оценивать время и ресурсы в проектной деятельности 7. Настраивать и развертывать программные инструменты, процессы и метрики 8. Выполнять тестирование модулей и компонентов 9. Поддерживать функциональное и нефункциональное модульное тестирование 10. Разрешать собственные проблемы; решать открытые вопросы и проводить необходимые мероприятия, пока все не будет прояснено и решено 11. Поддерживать развертывание кода для обеспечения эффективной и точной реализации	1. Развивать специальные знания в соответствующих языках программирования, инструментах, методах и применять опыт и знания для выбора эффективных решений 2. Обмениваться опытом и давать технические советы и рекомендации другим 3. Реализовывать стандартные процессы, инструменты, метрики, методы измерения и отчетность 4. Определить возможности для улучшения процессов разработки программного обеспечения 5. Проактивно демонстрировать требуемое поведение в соответствии с ожиданиями данной роли.

Анализ примера с вакансией и системы навыков SFIA показывает, что большинство из требований к вакансии будут покрываться, если объединить в профиль способности, декларируемые двумя описанными нами выше навыками — навыком «**Программирование/разработка программного обеспечения**» (Programming/software development — PROG) с уровнем L=4 (Таблица 2.6) и навыком «**Проектирование программного обеспечения**» (Software design — SWDN) для уровня L=4 (Таблица 2.7).

Для демонстрации аппарата профилирования сконструируем такой профиль, объединяющий описания навыков PROG и SWDN, назвав его «Программист-разработчик ПО», а в качестве (составного) кода профиля список кодов навыков-доноров с индексами-уровнями сложности. Описание данного профиля в табличной форме представлено в таблице 2.9.

Таблица 2.9. Описание профиля «Программист-разработчик ПО».

Программист-разработчик ПО
PROG SWDN=(PROG L4; SWDN L4)
Программирование/разработка программного обеспечения
PROG
Уровень ответственности навыка L (для примера L=4)

Таблица 2.9 – Продолжение

<p>Программист-разработчик ПО</p> <p>Общее описание навыка PROG: The planning, designing, creation, amending, verification, testing and documentation of new and amended software components in order to deliver agreed value to stakeholders. The identification, creation and application of agreed software development and security standards and processes. Adopting and adapting software development lifecycle models based on the context of the work and selecting appropriately from predictive (plan-driven) approaches or adaptive (iterative/agile) approaches. Планирование, проектирование, создание, изменение, проверка, тестирование и документирование новых и измененных программных компонентов для обеспечения согласованной ценности для заинтересованных сторон. Идентификация, создание и применение согласованных стандартов и процессов разработки и безопасности программного обеспечения. Принятие и адаптация моделей жизненного цикла разработки программного обеспечения на основе контекста работы и надлежащего выбора из прогностических (ориентированных на план) подходов или адаптивных (итеративных/гибких) подходов.</p> <p>Общее описание обязанностей в соответствии с заданным уровнем L (L=4):</p> <p>Автономия Работает под общим руководством в четких рамках подотчетности. Управляет существенной личной ответственностью и автономией. Планирует собственную работу для достижения поставленных целей и процессов.</p> <p>Влияние Влияет на клиентов, поставщиков и партнеров на уровне аккаунта. Может нести определенную ответственность за работу других и за выделение ресурсов. Участвует во внешней деятельности, связанной с собственным специализмом. Принимает решения, которые влияют на успех проектов и командных целей. Сотрудничает с членами команды, пользователями и клиентами. Занимается обеспечением того, чтобы потребности пользователей удовлетворялись во всем.</p> <p>Сложность Работа включает в себя широкий спектр сложных технических или профессиональных мероприятий в различных контекстах. Расследует, определяет и решает сложные проблемы.</p> <p>Знание Имеет полное понимание признанных общих отраслевых органов знаний и специализированных органов знаний за мере необходимости. Получил полное знание области организации. Способна эффективно применять знания в незнакомых ситуациях и активно поддерживает собственные знания и способствует развитию других. Быстро впитывает новую информацию и эффективно ее применяет. Поддерживает осведомленность о разработке практики и их применении и берет на себя ответственность за собственное развитие.</p> <p>Бизнес навыки Коммуникация плавно, устно и письменно и может представлять сложную информацию как для технической, так и для нетехнической аудитории. Планы, графики и мониторы работают для достижения целей времени и качества. Содействует сотрудничеству между заинтересованными сторонами, которые имеют общие цели. Соответствует соответствующим стандартам, методам, инструментам и приложениям. Полностью понимает важность безопасности для работы и работы организации. Ищет знания или рекомендации по безопасности специалиста, когда это необходимо для поддержки собственной работы или работы ближайших коллег.</p> <p>Описание навыка PROG, соответствующее заданному уровню L (L=4): Designs, codes, verifies, tests, documents, amends and refactors complex programs/scripts and integration software services. Contributes to selection of the software development approach for projects, selecting appropriately from predictive (plan-driven) approaches or adaptive (iterative/agile) approaches. Applies agreed standards and tools, to achieve well-engineered outcomes. Participates in reviews of own work and leads reviews of colleagues' work. Разрабатывает, кодирует, проверяет, тестирует, документирует, исправляет и реорганизует сложные программы/скрипты и услуги программного обеспечения для интеграции. Способствует выбору подходов к разработке программного обеспечения для проектов, подбором подходящих из прогнозируемых (ориентированных на план) подходов или адаптивных (итеративных / гибких) подходов. Применяет согласованные стандарты и инструменты для достижения хорошо спроектированных результатов. Участвует в обзорах собственной работы и ведет обзоры работы коллег.</p> <p>Дополнительное описание (при необходимости)</p> <p>Разработка программного обеспечения (Software design)</p> <p>SWDN</p> <p>Уровень ответственности навыка L (для примера L=4)</p>
--

Таблица 2.9 – Продолжение

<p>Программист-разработчик ПО</p> <p>Общее описание навыка PROG: The specification and design of software to meet defined requirements by following agreed design standards and principles. The definition of software, components, interfaces and related characteristics. The identification of concepts and patterns and the translation into a design which provides a basis for software construction and verification. The evaluation of alternative solutions and trade-offs. The facilitation of design decisions within the constraints of systems designs, design standards, quality, feasibility, extensibility and maintainability. The development and iteration of prototypes/simulations to enable informed decision-making. The adoption and adaptation of software design models, tools and techniques based on the context of the work and selecting appropriately from predictive (plan-driven) approaches or adaptive (iterative/agile) approaches. Спецификация и дизайн программного обеспечения для удовлетворения определенных требований, следуя согласованным стандартам и принципам проектирования. Определение программного обеспечения, компонентов, интерфейсов и связанных с ними характеристик. Идентификация концепций и шаблонов и перевод в проект, который обеспечивает основу для разработки и проверки программного обеспечения. Оценка альтернативных решений и компромиссов. Упрощение проектных решений в рамках ограниченных системных конструкций, стандартов проектирования, качества, осуществимости, расширяемости и ремонтпригодности. Разработка и итерация прототипов/имитаций для принятия обоснованных решений. Принятие и адаптация моделей, инструментов и методов проектирования программного обеспечения на основе контекста работы и надлежащего выбора из прогностических (ориентированных на план) подходов или адаптивных (итеративных/гибких) подходов.</p> <p>Общее описание обязанностей в соответствии с заданным уровнем L (L=4): (аналогично описанию навыка SWDN (4))</p> <p>Описание данного навыка, соответствующего заданному уровню L (L=4): Designs software components and modules using appropriate modelling techniques following agreed software design standards, patterns and methodology. Creates and communicates multiple design views to identify and balance the concerns of all stakeholders of the software design and to allow for both functional and non-functional requirements. Identifies and evaluates alternative design options and trade-offs. Recommends designs which take into account target environment, performance security requirements and existing systems. Reviews, verifies and improves own designs against specifications. Leads reviews of others' designs. Models, simulates or prototypes the behavior of proposed software to enable approval by stakeholders, and effective construction of the software. Verifies software design by constructing and applying appropriate methods. Проектирует программные компоненты и модули с использованием соответствующих методов моделирования в соответствии с согласованными стандартами, шаблонами и методологией проектирования программного обеспечения. Создает и связывает несколько представлений дизайнера, чтобы выявлять и балансировать проблемы всех заинтересованных сторон в разработке программного обеспечения и учитывать как функциональные, так и нефункциональные требования. Определяет и оценивает альтернативные варианты проектирования и компромиссы. Рекомендует проекты, которые учитывают целевую среду, требования безопасности производительности и существующие системы. Обзоры, проверяет и улучшает собственные проекты по спецификациям. Проводит обзоры других проектов. Моделирует, моделирует или прототипирует поведение предлагаемого программного обеспечения для обеспечения одобрения заинтересованными сторонами и эффективного построения программного обеспечения. Проверяет дизайн программного обеспечения, создавая и применяя соответствующие методы.</p> <p>Дополнительное описание (при необходимости)</p>
--

Так как весь описательный материал для навыков включен в справочник навыков, то возможна более короткая запись сконструированного профиля, использующая только названия навыков. Тогда профиль «Программист-разработчик ПО» мог бы иметь следующую запись, заменяющую всю информацию в таблице 2.9:

Profile «Программист-разработчик ПО» (PROG_SWDN):

Programming/software development, level 4

Software design, level 4

End Profile

Используя мнемонические обозначения навыков, эту запись можно записать в еще более компактной форме, например, так:

Profile PROG_SWDN=(PROG L4; SWDN L4)

При разработке новых профилей, в качестве их элементов-доноров могут использоваться уже определенные ранее профили.

Например, если проанализировать детальные требования исходной вакансии и предложенное решение (с помощью профиля PROG_SWDN), то окажется, что требования 8, 9, 11 заслуживают дополнительного внимания. Тогда более полным решением для рассматриваемой вакансии было бы дополнение нашего профиля PROG_SWDN функциональностью навыков Testing, level 2 (TEST L2) и System integration and build, level 2 (SINT L2). И такой расширенный профиль «Программист-разработчик ПО проекта X»: выглядел бы следующим образом:

Profile «Программист-разработчик ПО проекта X» (PROG_X):

Программист-разработчик ПО

Testing, level 2

System integration and build, level 2

End Profile

Или, используя мнемонические обозначения навыков:

Profile PROG_X=(PROG_SWDN; TEST L2; SINT L2).

Приведенные выше примеры наглядно демонстрируют описательные возможности фреймворка SFIA.

Для адекватного описания профессиональных характеристик некоторого множества ролей/должностей с помощью системы навыков SFIA, методология SFIA предполагает двухэтапный процесс. На первом этапе — разработать систему сопутствующих SFIA-профилей для этих ролей, которые, агрегируя функциональность нескольких навыков, позволят достаточно полно описать основные функциональные и поведенческие требования к ролям, т.е. специфику ролей. На втором этапе — дополнить эти профили описаниями специфических аспектов, связанных с конкретным рабочим местом.

Для полного описания роли на конкретном рабочем месте осталось присоединить к профилю PROG_X записи со специфическими требованиями контекста рабочего места, включив их в описание вакансии.

Новой вехой развития подхода SFIA можно считать разработку описаний семейств профессиональных ролей в терминах SFIA, связанных с наиболее актуальными и быстро развивающимися направлениями цифровой экономики.

Первым таким проектом стала разработка кластера ролей в области цифровых технологий и технологий данных — DDaT (Digital, Data and Technology Suite), выполненная фондом SFIA по заказу правительства Великобритании и активно продвигаемая в государственном секторе Великобритании. Система DDaT содержит описание 37 семейств ролей и 137 ролей [25].

Еще одним примером из этой серии стала разработка по запросу ЕС описание ролей ЕС (EU ICT Role Profiles) в терминах SFIA [26]. Фонд SFIA для 30 профилей профессиональных ролей в области ИКТ, разработанных ЕС, опубли-

ковал профили компетенций SFIA для этих ролей, продемонстрировав гибкость подхода SFIA.

Другими исследованиями навыков, выполненными к настоящему времени фондом SFIA по актуальным цифровым направлениям, являются:

- Digital Transformation skills view [27]
- DevOps skills view [28]
- Big Data/Data Science skills view [29]
- Software Engineering skills view [30].

Фонд SFIA, разработчик подхода и фреймворка SFIA, предпринимает значительные усилия по развитию глобальной экосистемы SFIA, которая успешно продвигает использование стандартов SFIA во всем мире.

Важным компонентом экосистемы SFIA является технология оценки навыков [31], в частности, опубликовано общее руководство по самооценке на соответствие навыкам SFIA [32].

Другим приоритетным направлением развития системы SFIA является более тесная кооперация фонда с организациями-разработчиками профессиональных сводов знаний – BOKs (Bodies of Knowledges) с целью более точного описания знаний цифровых навыков в соответствии с признанными на международном уровне BOKs, так как именно знания определяются ключевыми элементами навыков [33].

В первую очередь к таким профессиональным сводам знаний, которые по существу являются международными стандартами, относятся следующие BOKs:

- SWEBOK (Software Engineering BoK, IEEE-Computer Society) [34],
- EITBOK (Enterprise IT BoK, IEEE-Computer Society) [35],
- SEBOK (Systems Engineering BoK, INCOSE, IEEE-Systems Council) [36],
- BABOK (Business Analysis BoK, IIBA – International Institute of Business Analysis) [37],
- DMBOK (Data Management BoK, DAMA International) [38],
- APM (Project Management BoK, Association for Project Management) [39],
- PMBOK (Project Management BoK, Project Management Institute) [40],
- BRMBOK (Business Relationship Management BoK, Business Relationship Management Institute) [41].

2.3 Европейская система ИКТ-компетенций и профилей

В ЕС разработана целостная система развития ИКТ-профессии и управления ИКТ-кадрами [42], в рамках которой создана совокупность нормативно-методических документов, являющихся европейскими стандартами, призванными систематизировать работу с персоналом в ИКТ-отрасли на региональном уровне.

Роль базового стандарта в этой сфере отведена Европейской системе (фреймворку) е-компетентности версии 3.0 (The European e-Competence Framework (e-CF) version 3.0) [10], разработанному Европейским институтом стандартов CEN, которая содержит справочную информацию о 40 компетенциях, применяемых

на рабочих местах в ИКТ-отрасли, при этом в фреймворке e-CF используется некоторый общий язык для описания e-компетенций.

Понятие компетентность/компетенция определяется в e-CF следующим образом: «Компетентность/компетенция (competence) — это продемонстрированная способность применять знания, навыки и подходы для достижения наблюдаемых результатов». Это целостное понятие, связанное с деятельностью на рабочем месте и включающее в себя сложное человеческое поведение, выраженное в виде встроеной системы отношений.

В стандарте e-CF компетенция представляется многомерной информационной структурой, используемой для описания некоторого типового модуля трудовой деятельности (трудовой функции). По существу это понятие в e-CF несет смысловую нагрузку, аналогичную понятию абстрактного навыка в системе SFIA. Оно предназначено для того, чтобы определить набор стандартных базовых строительных элементов описания трудовой деятельности (в виде компетенций) для построения из них спецификаций профилей должностей/ролей в ИКТ-секторе. В отличие от навыка рабочего места, который мы привязали к реальному времени жизненного цикла этого рабочего места, компетенция является достаточно устойчивой во времени структурой, характеризуемой в e-CF как долговременная сущность, требующая технического обслуживания для поддержания актуальности примерно каждые три года.

Гармонизация с e-CF соответствующих национальных стандартов позволяет унифицировать деятельность в области управления трудовыми ресурсами в европейском регионе. В частности в России таким стандартом является ГОСТ Р 55767 2013 [43].

Описание e-компетенций в e-CF осуществляется с помощью специальной табличной формы, в которой столбцы именуется измерениями (dimensions), а в российской версии этого стандарта – дескрипторами, отражающими различные требования, связанные с уровнями планирования бизнеса, управления кадрами, профессиональными и поведенческими аспектами. Определены 4 вида измерений (дескриптора):

— Измерение 1: определяет пять областей e-компетенций, соответствующих бизнес-процессам в информационных системах, а именно: планированию, реализации, эксплуатации, обеспечению и управлению.

— Измерение 2: определяет индивидуальные базовые (эталонные) компетенции для каждой области e-компетенций (всего в e-CF 3.0 определено 40 компетенций).

— Измерение 3: определяет уровни владения компетенцией (уровень /компетентности) – от уровня e-1 до уровня e-5.

— Измерение 4: определяет требования к знаниям и умениям, относящимся к e-компетенциям.

Полный набор базовых e-компетенций представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10. Сводная таблица набора е-компетенций

Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
5 e-CF areas (A–E) (Измерение 1) Пять областей е-компетенций, от А до Е)	e-Competence: Title + generic description (Измерение 2) Название и общее описание е-компетенций)	e-Competence levels e-1 to e-5 (Измерение 3) Уровни компетентности — от 1 до 5)
A. PLAN (Планирование)	A.1. IS and Business Strategy Alignment (Согласование ИС и бизнес-стратегии) A.2. Service Level Management (Управлением уровнем услуг) A.3. Business Plan Development (Бизнес-планирование) A.4. Product/Service Planning (Планирование работ или продуктов) A.5. Architecture Design (Проектирование архитектуры ИС) A.6. Application Design (Проектирование приложений) A.7. Technology Trend Monitoring (Анализ новых технологий) A.8. Sustainable Development (Устойчивое развитие) A.9. Innovating (Инновационность)	4, 5 3, 4 3, 4, 5 2, 3, 4 3, 4, 5 1, 2, 3 4, 5 3, 4 4, 5
B. BUILD (Реализация)	B.1. Application Development (Проектирование и разработка) B.2. Component Integration (Интеграция систем) B.3. Testing (Тестирование) B.4. Solution Deployment (Развертывание решений) B.5. Documentation Production (Документирование) B.6. Systems Engineering (системная инженерия)	1, 2, 3 2, 3, 4 1, 2, 3, 4 1, 2, 3 1, 2, 3 3, 4
C. RUN (Эксплуатация)	C.1. User Support (Поддержка пользователей) C.2. Change Support (Поддержка изменений) C.3. Service Delivery (Предоставление услуг) C.4. Problem Management (Управление проблемами)	1, 2, 3 2, 3 1, 2, 3 2, 3, 4
D. ENABLE (Обеспечение)	D.1. Information Security Strategy Development (Разработка стратегии информационной безопасности) D.2. ICT Quality Strategy Development (Разработка стратегии обеспечения качества ИС) D.3. Education and Training Provision (Обеспечение подготовки и обучения) D.4. Purchasing (Обеспечение закупок) D.5. Sales Proposal Development (Разработка коммерческих предложений) D.6. Channel Management (Управление каналами продаж) D.7. Sales Management (Управление продажами) D.8. Contract Management (Управление контрактами) D.9. Personnel Development (Развитие персонала) D.10. Information and Knowledge Management (Управление информацией и знаниями) D.11. Needs Identification (Выявление потребностей) D.12. Digital Marketing (Цифровой маркетинг)	4, 5 4, 5 2, 3 2, 3, 4 2, 3 3, 4 3, 4, 5 2, 3, 4 2, 3, 4 3, 4, 5 3, 4, 5 2, 3, 4
E. MANAGE (Управление)	E.1. Forecast Development (Разработка прогнозов) E.2. Project and Portfolio Management (Управление проектами и портфелями проектов) E.3. Risk Management (Управление рисками) E.4. Relationship Management (Управление взаимоотношениями) E.5. Process Improvement (Оптимизация процессов) E.6. ICT Quality Management (Управление качеством ИС) E.7. Business Change Management (Управление изменениями) E.8. Information Security Management (Управление информационной безопасностью) E.9. IS Governance (Руководство развитием ИС)	3, 4 2, 3, 4, 5 2, 3, 4 3, 4 3, 4 2, 3, 4 3, 4, 5 3, 4, 5 4, 5

Основное содержание стандарта e-CF состоит из полного описания всех 40 базовых e-компетенций, для чего также используется специальная табличная форма. Способ описания каждой e-компетенции показан на примере компетенции «A.1. IS and Business Strategy Alignment (A.1 Согласование ИС и бизнес-стратегии)», определение которой представлено в таблице 2.11

Таблица 2.11. Определение компетенции «A.1. IS and Business Strategy Alignment (A.1 Согласование ИС и бизнес-стратегии)»

Dimension 1 e-Comp. area (Измерение 1 Область компетенций)	A. PLAN
Dimension 2 e-Competence: Title + generic description (Название e-Competence + общее описание)	A.1. IS and Business Strategy Alignment Anticipates long term business requirements, influences improvement of organisational process efficiency and effectiveness. Determines the IS model and the enterprise architecture in line with the organisation's policy and ensures a secure environment. Makes strategic IS policy decisions for the enterprise, including sourcing strategies. (A.1 Согласование ИС и бизнес-стратегии) Предвидит долгосрочные перспективы развития бизнеса и определяет инфраструктуру ИС в соответствии с организационной политикой. Принимает стратегические решения в отношении развития инфраструктуры ИС, включая стратегию использования ИТ-ресурсов)
Dimension 3 e-Competence proficiency levels (Уровни компетентности)	Level 1 — Level 2 — Level 3 — Level 4: Provides leadership for the construction and implementation of long term innovative IS solutions. (Осуществляет руководство с применением лидерства в создании и реализации долгосрочных инновационных решений, связанных с ИС) Level 5: Provides IS strategic leadership to reach consensus and commitment from the management team of the enterprise. (Осуществляет стратегическое руководство ИС с применением лидерства в целях достижения соглашений и обеспечения обязательств со стороны руководства предприятия)
Dimension 4 Knowledge examples <i>Knows/aware of/familiar with</i> (Примеры знаний) <i>Знает/осведомлен/знаком</i>	K1 business strategy concepts (концепции бизнес-стратегии) K2 trends and implications of ICT internal or external developments for typical organisations (внешние и внутренние тенденции и факторы, оказывающие влияние на развитие предприятия) K3 the potential and opportunities of relevant business models (возможности и потенциал релевантных бизнес-моделей) K4 the business aims and organisational objectives (бизнес-цели и задачи предприятия) K5 the issues and implications of sourcing models (модели и стратегии по выбору поставщиков услуг) K6 the new emerging technologies (e.g. distributed systems, virtualisation, mobility, data sets) (новые появляющиеся технологии (например, распределенные системы, виртуализация, мобильность, большие данные)) K7 architectural frameworks (архитектурные фреймворки) K8 security (безопасность) S1 analyse future developments in business process and technology application (анализировать будущее развитие технологий и бизнес-процессов) S2 determine requirements for processes related to ICT services (определять требования для процессов, связанных с предоставлением ИТ-услуг)
Skills examples <i>Is able to</i> (Примеры навыков) <i>Способен сделать</i>	

Таблица 2.11 – Продолжение

	<p>S3 identify and analyse long term user/customer needs (определять и анализировать долгосрочные интересы; пользователей/заказчиков)</p> <p>S4 contribute to the development of ICT strategy and policy, including ICT security and quality (участвовать в разработке и развитии ИТ-стратегий и политик)</p> <p>S5 contribute to the development of the business strategy</p> <p>S6 analyse feasibility in terms of costs and benefits (участвовать в разработке и развитии стратегии бизнеса)</p> <p>S7 review and analyse effects of implementations (исследовать и анализировать результаты внедрения)</p> <p>S8 understand the impact of new technologies on business (e.g. open/big data, dematerialisation opportunities and strategies) (понимать влияние новых технологий на бизнес (например, открытые/большие данные, возможности и стратегии дематериализации))</p> <p>S9 understand the business benefits of new technologies and how this can add value and provide competitive advantage (e.g. open/big data, dematerialisation opportunities and strategies) (понимать бизнес-преимущества новых технологий и то, как это может повысить ценность и обеспечить конкурентное преимущество (например, открытые/большие данные, возможности и стратегии дематериализации))</p> <p>S10 understand the enterprise architecture (понимать архитектуру предприятия)</p> <p>S11 understand the legal & regulatory landscape in order to factor into business requirements (понимать правовую и нормативную среду, чтобы учитывать требования бизнеса)</p>
--	---

Для рассмотренного выше Европейского стандарта e-CF разработано обширное справочное руководство по его применению [44], составляющее вторую часть этого же стандарта. В частности, в этом руководстве рассматривает способ связывания e-компетенций с навыками системы SFIA, а также способ применения стандарта для описания профилей ролей в секторе ИКТ.

Организацией стандартизации CEN разработан документ с описанием 30 Европейских профилей профессиональных ИКТ-ролей (версии 2) на основе e-CF, представляющих собой набор типичных ролей, выполняемых специалистами ИКТ в любой организации и охватывающих основные ключевые ИКТ-роли в современном бизнес-процессе [45, 46, 47, 48].

Европейские профили профессиональных ролей в области ИКТ расширяют возможности общего европейского эталонного языка e-CF для разработки, планирования и управления кадрами в области ИКТ.

В таблице 2.12 приведен полный список 30 европейских профилей профессиональных ИКТ-ролей (версии 2).

Таблица 2.12. Список 30 европейских профилей профессиональных ИКТ-ролей (версии 2)

1.	Account Manager Role	Роль менеджера по работе с клиентами
2.	Business Analyst Role	Роль бизнес-аналитика
3.	Business Information Manager Role	Роль менеджера по деловой информации
4.	Chief Information Officer Role	Роль директора по информации
5.	Data Administrator Role	Роль администратора данных
6.	Developer Role	Роль разработчика
7.	Digital Media Specialist Role	Роль специалиста по цифровым медиа

Таблица 2.12 – *Продолжение*

8.	Enterprise Architect Role	Роль архитектора предприятия
9.	Digital Consultant Role	Роль цифрового консультанта
10.	ICT Operations Manager Role	Роль руководителя операций по ИКТ
11.	Information Security Manager Role	Роль менеджера информационной безопасности
12.	Information Security Specialist Role	Роль специалиста по информационной безопасности
13.	Digital Educator Role	Роль цифрового педагога
14.	Network Specialist Role	Роль сетевого специалиста
15.	Project Manager Role	Роль руководителя проекта
16.	Quality Assurance Manager Role	Роль менеджера по обеспечению качества
17.	Service Support Role	Роль сервисной поддержки
18.	Service Manager Role	Роль руководителя службы
19.	Systems Administrator Role	Роль системного администратора
20.	Systems Analyst Role	Роль системного аналитика
21.	Systems Architect Role	Роль системного архитектора
22.	Technical Specialist Role	Роль технического специалиста
23.	Test Specialist Role	Роль специалиста по тестированию
24.	Solution Designer Role	Роль дизайнера решений
25.	Digital Transformation Leader Role	Роль лидера цифрового преобразования
26.	Devops Expert Role	Роль эксперта Devops
27.	Data Scientist Role	Роль ученого данных
28.	Data Specialist Role	Роль специалиста по данным
29.	Scrum Master Role	Роль мастера схватки
30.	Product Owner Role	Роль владельца продукта

В заключение еще раз отметим широкое использование в Европе стандарта e-CF, который служит основой для других взаимосвязанных стандартов и многих международных проектов в сфере управления трудовыми ресурсами в ИКТ-отрасли.

2.4 iCD — словарь i-компетенций Агентства по продвижению ИТ

Словарь i-компетентности (iCD) был разработан и поддерживается японским Агентством по продвижению информационных технологий (The i Competency Dictionary, the Information Technology Promotion Agency — IPA) [11]. iCD весьма популярен, его пользователями на 2017 год являлись более 1000 компания, включая такую крупную как HITACHI Ltd. На основе этого словаря IPA проводит всеяпонский экзамен для инженеров информационных технологий — один из крупнейших национальных экзаменов в Японии, с примерно 600 000 претендентами каждый год.

Словарь iCD состоит из двух частей — из всеобъемлющего словаря задач (Task Dictionary) и словаря навыков (Skill Dictionary).

Словарь задач содержит описание задач, которые должны выполнять ИТ-аутсорсеры, ИТ-компании или их ИТ-отделы (Enterprise IT departments — EIT-departments).

Словарь навыков определяет навыки, необходимые для выполнения задач, включенных в словарь задач.

Оба словаря имеют подобные четырехуровневые иерархические структуры.

Словарь задач на первом уровне иерархии (главных задач, задач уровня организации — Major Task category) содержит 47 элементов, на втором — 200 задач

среднего уровня или задач уровня подразделений (Middle Task category), на третьем – около 500 задач уровня минор (Minor Task category) и на четвертом – около 2000 элементов, называемых элементами оценки задачи (Task Evaluation Items), обеспечивающих более глубокое объяснение задач нижнего уровня.

Классификация словаря задач 1-го уровня может быть представлена с помощью двухмерной диаграммы, вертикальная ось которой разбита на области, соответствующие фазам жизненного цикла организации (стратегия, планирование, разработка, использование, оценка и улучшение), а горизонтальная – фазам, связанным с жизненным циклом продукции/услуг (планирование и выполнение, управление и контроль, продвижение и поддержка).

В iCD введено понятие и соответствующий механизм профиля задач, что позволяет организациям и компаниям определять с помощью профилей задач характерные для их производственной деятельности классы задач. Поддерживается классификация профилей задач с целью определения характеристик профилей, связанных, например, с типом бизнеса, целью развития, методами разработки, ролью/должностью исполнителей и т.д.

Словарь навыков на первом уровне иерархии содержит 5 категорий навыков, на втором – около 80 классов навыков, на третьем – около 400 навыков и на четвертом – около 10000 элементов знаний (Knowledge Items), соответствующих навыкам третьего уровня.

Навыки в iCD трактуются как способности применять соответствующие знания для исполнения некоторой задачи.

На самом верхнем уровне иерархии справочника навыков, как указывалось выше, определены 5 категорий навыков, представленных в таблице 2.13.

Таблица 2.13. Категории навыков — 1-й уровень иерархии словаря навыков

Skill Category 1 st layer	Description
Technology (Технологии)	Technical skills to accomplish tasks. These generic skills apply to all users (Технические навыки для выполнения задач. Эти общие навыки распространяются на всех пользователей).
Methodology (Методология)	Methods, methodology, solution methodology skills to accomplish tasks. These skills work differently depending on users. (Методы, методология, методологические навыки решения задач. Эти навыки работают по-разному в зависимости от пользователей).
Related Knowledge (Связанные знания)	Skills related to fields other than methodology and technology that is applied to various aspects of IT business activities. (Навыки, связанные с другими областями, кроме методологии и технологий, которые применяются к различным аспектам деятельности ИТ-бизнеса).
IT Human Skill (Социально-личностные навыки)	Human skills to accomplish tasks. The ability shown in various situations of IT business activities. (Социально-личностные навыки для выполнения задач. Способность, демонстрируемая в различных ситуациях ИТ-бизнеса).
Specific Skill (Option) (Возможные специальные навыки)	Each organization can define skills originally. IPA provides conceptual area only (therefore, initial status is blank). (Каждая организация может определить собственные навыки. IPA предоставляет только концептуальную область для этого (следовательно, начальное состояние этой области пустое множество)).

Примеры классификации навыков на втором и третьем уровне показаны с помощью таблиц 2.14 и 2.15 [49].

Таблица 2.14. Пример классификации навыков на втором уровне словаря навыков

Skill Classification (Классификация навыков)	Skill item (элемент навыка)
Implementation Architecture design method ((Реализация) Метод проектирования архитектуры)	Architecture design method (Метод проектирования архитектуры)
	Application Architecture design method (Метод проектирования архитектуры приложения)
	Industry package design/development method (Метод разработки/проектирования промышленных пакетов)
	Infrastructure architecture design method (Метод проектирования архитектуры инфраструктуры)
	Data architecture design method (Метод проектирования архитектуры данных)

Таблица 2.15. Пример связывания навыков третьего уровня с элементами знаний

Skill item	Code	Knowledge item
Infrastructure architecture design method	K001	System management/operation (Управление системой/эксплуатация системы)
	K002	System management/operation design (Управление системой/проектирование эксплуатации системы)
	K003	Evaluation of system infrastructure test strategies and plan (Оценка стратегий и плана тестирования системной инфраструктуры)
	K004	Evaluation of system infrastructure transition strategies and plan (Оценка стратегии и плана перехода системной инфраструктуры)
	K005	Evaluation of system infrastructure design tools (Оценка инструментов проектирования системной инфраструктуры)
	K006	Evaluation of system infrastructure design techniques (Оценка методов проектирования системной инфраструктуры)
	K007	Security (Безопасность)
	K008	Security design (Проектирование безопасности)
	K009	Network (Сеть)
	K010	Network design (Проектирование сети)
	K011	Performance design (Проектирование производительности)
	K012	Platform (Платформа)
	K013	Platform design OS, middleware etc. (Проектирование платформы (ОС, промежуточного ПО и т.д.))
	K014	Availability design (Проектирование доступности)
	K015	Performance and capacity (Производительность и емкость)
	K016	Knowledge of target domain (Знание целевой области)
	K017	Physical data structure design, etc. (Физическая структура данных и др.)

На нижнем уровне иерархии словарь навыков представляет собой описание элементов знаний, соответствующих навыкам предыдущего уровня, для определения которых используются международные BOKs — своды профессиональных знаний, о которых упоминалось при рассмотрении подхода SFIA.

Концептуальная модель подхода iCD иллюстрируется на Рис. 2.1

Связывание каждой задачи с навыками, которые необходимы для ее решения, реализуется с помощью таблиц «Задачи — навыки», которые из-за их сложности для иллюстрации демонстрировать не будем. Вместо этого отошлем к источнику полной версии словаря iCD [50].

В iCD легко поддерживается описание списков ролей/должностей/вакансий (jobs), вовлеченных в ИТ-бизнес. Это делается с помощью иерархических струк-

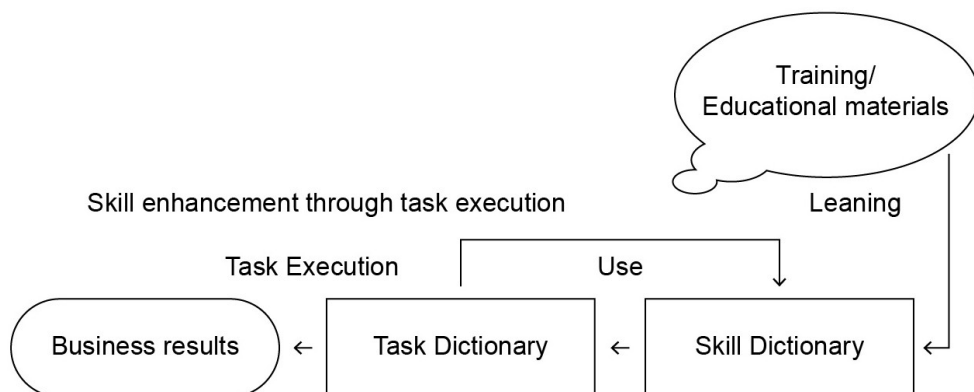


Рис. 2.1. Концептуальная модель подхода iCD.

тур, представляемых в табличной форме, столбцы которой имеют следующее название:

- Категория ролей (Job Category)
- Категория навыков (Skill Category)
- Класс навыков (Skill Classification)
- Элементарный навык (Skill Item)
- Элемент знаний (Knowledge Item)

Пример такой табличной формы показан в Табл. 2.16.

Таблица 2.16. Пример описания ролей/должностей/вакансий (jobs)

Job Category	Skill Category	Skill Classification	Skill Item	Knowledge Item
Information Risk Management				
IT Architect				

Таблица 2.16 – *Продолжение*

Job Category	Skill Category	Skill Classification	Skill Item	Knowledge Item
...				

В iCD используется семиуровневая шкала для определения критерия мастерства или уровня владениями навыками (Skills Proficiency Levels). Критерии уровней с 1 по 4 различаются в зависимости от содержания технологии, методологии и соответствующих знаний. Уровень мастерства 4 — это самый высокий уровень приобретения навыка для выполнения задачи; Уровни с 5 по 7 определяются по категориям, оценивающим профессионализм по социальному вкладу (например, индустриальный участник, лидер маркетинга).

2.5 Профессиональные стандарты в области ИТ

В отечественной практике управления ИТ-персоналом предприятий акцент делается на разработку и использование профессиональных стандартов.

Профессиональный стандарт определяется как характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности, в том числе выполнения определенной трудовой функции (ст. 195.1 ТК РФ). В профстандартах перечисляются специальные и общие знания, умения и навыки, которыми должен владеть специалист той или иной ИТ-профессии в зависимости от уровня его квалификации [51]. Такие стандарты могут использоваться для оценки компетентности кандидатов на вакантные должности, аттестации сотрудников, написания должностных инструкций, формирования программ корпоративного обучения персонала и т.п. [52].

Если рассмотренные выше подходы организаций SFIA, CEN, IPA представляли собой развитые инструментарии проектирования профилей профессиональных ролей, оснащенные методологической базой и подкрепленные мощными наборами типовых строительных блоков-навыков, из которых любая организация может формировать собственные базы навыков и компетенций, то профессиональные стандарты являются готовыми монолитными решениями, определяющими должностные характеристики и деловые качества специалистов.

В настоящее время разработано 27 ИТ-профстандарта [53].

В случае использования в организациях или проектной деятельности кадрового состава, соответствующего номенклатуре существующих профстандартов, для осуществления деятельности по управлению персоналом может оказаться достаточным ресурса этих стандартов.

В то же время, в условиях цифровой (по существу проектной) экономики, динамика формирования многообразных видов профессиональных обязанностей (ролей) может превзойти все ожидания. Тогда политику кадрового менеджмента организации будет перспективнее строить на основе рассмотренных ранее фреймворков и соответствующих им стандартов.

К негативным моментам ориентации в работе с кадрами на профстандарты следует отнести:

— недостаточную оперативность актуализации стандартов (общепризнано, что превышение трехлетнего периода обновления стандартов, связанных с профессиональной деятельностью, считается недопустимым, в то же время обновление практически всех ИТ-профстандартов превышало этот срок);

— чрезмерная абстрактность профстандартов для оперативного ведения кадрового менеджмента (описания вакансий, рекрутинга, тестирования кандидатов на вакансии с учетом текущего производственного контекста), что вынуждает руководителей проектов параллельно вести собственные базы навыков рабочих мест в проектах.

Также вызывает озабоченность, связанная с законодательными решениями об обязательности со стороны работодателей (бюджетная сфера, статья 195.3 Трудового кодекса РФ) применять профессиональные стандарты, что противоречит основному принципу стандартизации – добровольности применения. Административное вмешательство в политику применения стандартов без учета их конкурентоспособности и производственных интересов работодателей, вместе с издержками в своевременности обновления стандартов может нанести ущерб развитию отечественной ИТ-отрасли.

2.6 Выбор подхода к классификации и описанию навыков для целей СРЦН

В заключение подведем итоги обзора рассмотренных выше подходов (фреймворков и систем стандартов) в области спецификации цифровых навыков/компетенций/профилей профессий — SFIA7, e-CF, iCD. Все они представляют собой целостные методологические решения для классификации и описания навыков, компетенций, ролей в области ИТ, поддержанные разработкой обширных наборов базовых решений, на основе которых любая организация может создавать собственные базы данных навыков, компетенций, ролей для решения задач кадрового менеджмента.

С точки зрения функциональности эти подходы эквивалентны, что показано в цитируемых работах организаций-разработчиков SFIA, CEN, IPA.

В частности, уже упоминалось, что по запросу ЕС фондом SFIA выполнено описание 30 профилей профессиональных ролей в области ИКТ, разработанных ЕС (EU ICT Role Profiles), в терминах SFIA [26], тем самым продемонстрирована гибкость подхода SFIA.

В другой работе [49] приведен детальный сравнительный анализ подходов SFIA и iCD, который также показал, что возможности SFIA не меньше, чем возможности, казалось бы, монстроподобного ресурса iCD. Поэтому повторять сравнительный анализ рассмотренных подходов и технологий не имеет смысла.

В интересах решения целевой задачи — создания системы развития цифровых навыков, авторы отдали свое предпочтение подходу SFIA, как системе классификации навыков, так и справочнику навыков, предложив для описания навыков расширение языка SFIA (SV-нотацию, рассматриваемую в Главе 3). Основными

мотивами предпочтения в данном выборе послужили следующие моменты: это, прежде всего ясность концепции и простота использования этого подхода для широкого круга пользователей, а также простота и гибкость описательных возможностей, предоставляемых подходом SFIA. Дополнительно не маловажным является то, что по динамике актуализации, развития и широте распространения в мире этот подход является безусловным лидером, что гарантирует перспективность его применения.

Глава 3

Нотация для представления цифровых навыков

В первой главе «Концепция цифровых навыков» введено понятие **навыка рабочего места** (НРМ), а также предложена метамодель этого понятия в виде составной многомерной динамической сущности, детализирующая семантику понятия НРМ. На основе этой метамодели построим нотацию для спецификации цифровых НРМ.

В качестве базой модели нотации для описания НРМ будем использовать линейную структуру, представленную в таблице 3.1, которую назовем SV-вектором (Skill/Vacancy-vector).

Таблица 3.1. Модель описания цифрового навыка рабочего места (НРМ).

№ п/п	Название блока/строки
1	Блок идентификации навыка (*)
2	Блок кодов систем классификации (*)
3	Общее описание навыка (*)
4	Уровень владения навыком (уровень ответственности — L) (*)
5	Детализация навыка для уровня ответственности L (*)
6	Описание активностей навыка (выполняемых функций)
7	Блок целевых или операционных навыков
8	Базовые навыки (знания)
9	Комплементарные навыки
10	Общие ИТ-навыки
11	Нефункциональные требования и характеристики (социально-личностные, регламентирующие, локальные)
12	Тесты на соответствие навыку
13	История навыка
14	Версия навыка и время создания
15	Блок метаданных (для фонда навыков)
16	Контекст рабочего места
17	Онтологические связи
18	Комментарии владельца навыка
19	Статистика использования навыка
20	Резерв

(*) — Блоки, помеченные звездочкой, считаются обязательными

Сначала сделаем общие замечания:

- выбранная модель описания НРМ позволяет использовать параллельно более одной системы классификации, если в этом есть необходимость;
- блоки/поля SV-вектора могут содержать структурированную информацию;
- обязательными элементами SV-вектора считаются первые пять строк, остальные строки могут следовать в произвольном порядке при использовании соответствующих им ключевых меток. Соответствие ключевых меток и элементов SV-вектора приведено в таблице 3.2, а назначение полей SV-вектора представлено в таблице 3.3:

Таблица 3.2. Соответствие ключевых меток и элементов SV-вектора.

№	Ключевая метка строки	Название блока/строки
1.	ИМЯ (NAME)	Блок идентификации навыка (*)
2.	КОД или КОДЫ (CODE or CODES)	Блок кодов систем классификации (*)
3.	НАЗНАЧЕНИЕ (SCOPE)	Общее описание навыка (*)
4.	КОМПЕТЕНТНОСТЬ (COMPETENCE)	Уровень владения навыком (уровень ответственности — L) (*)
5.	НАВЫКИ УРОВНЯ (SKILLS_L)	Детализация навыка для уровня ответственности L (*)
6.	ДЕЙСТВИЯ (ACTIVITIES)	Описание активностей навыка (выполняемых функций)
7.	ЦЕЛЕВЫЕ НАВЫКИ (TARGET SKILLS)	Блок целевых или операционных навыков
8.	ЗНАНИЯ (KNOWLEDGE)	Базовые навыки (знания)
9.	АСПЕКТЫ (ASPECTS)	Нефункциональные требования и характеристики (социально-личностные, регламентирующие, локальные)
10.	НАВЫКИ ЭКОСИСТЕМЫ (SKILLS_SYS)	Комплементарные навыки
11.	ОБЩИЕ НАВЫКИ (GENERAL SKILLS)	Общие ИТ-навыки
12.	ТЕСТЫ (TESTS)	Тесты на соответствие навыку
13.	ИСТОРИЯ (HISTORY)	История навыка
14.	ВЕРСИЯ (VERSION)	Версия навыка и время создания
15.	МЕТАДАННЫЕ (METADATA)	Блок метаданных
16.	КОНТЕКСТ (CONTEXT)	Контекст рабочего места
17.	ОТНОШЕНИЯ (RELATIONSHIP)	Онтологические связи
18.	КОММЕНТАРИИ (COMMENTS)	Комментарии владельца навыка
19.	СТАТИСТИКА (STATISTICS)	Статистика использования навыка
20.	РЕЗЕРВ (RESERV)	Резерв

Таблица 3.3. Назначение полей SV-вектора.

№	Название блока/строки	Семантика
1.	Блок идентификации навыка (*)	Содержит имя навыка (возможно, составное)
2.	Блок кодов систем классификации (*)	Код навыка в выбранной системе классификации (или список кодов систем классификаций)
3.	Общее описание навыка (*)	Определение области применения, назначения и общей функциональности навыка
4.	Уровень владения навыком (уровень ответственности) (*)	L — карьерный уровень или уровень владения навыком (уровень ответственности);
5.	Детализация навыка для уровня ответственности L (*)	Описания семантики навыка, соответствующей выбранному уровню ответственности L
6.	Описание активностей навыка (выполняемых функций)	Определение основных (трудовых) функций, соответствующих функциональности навыков

Таблица 3.3 – Продолжение

№	Название блока/строки	Семантика
7.	Блок целевых или операционных навыков	Спецификация профессиональных требований, необходимых для выполнения целевых функций навыка, конкретизирующая общее описание навыка, возможно, в терминах стандартов профессиональной подготовки или квалификаций.
8.	Базовые навыки (знания)	Базовые знания и умения, которые необходимы для владения и использования навыком на требуемом уровне ответственности
9.	Нефункциональные требования и характеристики (социально-личностные, регламентирующие, локальные)	Нефункциональные требования: дополнительные аспекты, связанные с данным навыком. Например, дополнительные требования к конфиденциальности и информационной безопасности, к следованию производственной политики в области использования открытых стандартов; требования к личностным качествам исполнителей ролей; финансовые условия работы и т.п.
10.	Комплементарные навыки	Цифровые навыки экосистемы, которые могут привести новые возможности при использовании их на рабочем месте
11.	Общие ИТ-навыки	Требуемый ИТ-инструментарий общего назначения для его использования на рабочем месте
12.	Тесты на соответствие навыку	Описания типовых заданий для проверки соответствия кандидата на роль исполнителя требованиям навыка
13.	История навыка	Информационная база, в которой хранится истории изменений навыка на протяжении его жизненного цикла
14.	Версия навыка и время создания	Версия навыка, привязанная к шкале событий жизненного цикла навыка, изменявших его состояние
15.	Блок метаданных	Метаданные, необходимые для организации и функционирования фонда навыков (аналогичные метаданным образовательных ресурсов, рассмотренных ниже)
16.	Контекст рабочего места	Спецификаций требований конкретного рабочего места (контекста), определяющих условия реализации навыка в конкретной организации, в конкретное время, на конкретной рабочей позиции. Может содержать дополнения для других элементов (строк) SV-вектора навыка
17.	Онтологические связи	Список (онтологических) отношений с другими навыками в фонде навыков, для обработки онтологическими инструментами фонда
18.	Комментарии владельца навыка	Блок для размещения комментариев разработчика навыка или его владельца навыком
19.	Статистика использования навыка	Статистическая информация об использовании навыка
20.	Резерв	Поле для возможных расширения модели

Конструкция предложенной модели (SV-вектора) выбрана таким образом, чтобы первые пять элементов SV-вектора были идентичны элементам базовой структуры навыка SFIA, показанной в таблице 2.5.

Тогда примеры описания навыка «**Программирование/разработка программного обеспечения**» (Programming/software development — PROG) для уровня L=4 и описания навыка — «**Проектирование программного обеспечения**» (Software design — SWDN) для уровня L=4, приведенные в главе 2 для подхода SFIA (таблицы 2.6 и 2.7), являются и примерами SV-нотации с точностью до обозначений ключевых слов.

На практике в одной роли возможно сочетание нескольких навыков. Поэтому по аналогии с подходом SFIA введем операцию профилирования для навыков, представленных SV-векторами. Результатом профиля двух и более навыков (SV-векторов) будет SV-вектор, элементы которого формируются агрегированием (по существу конкатенацией) спецификаций в однотипных элементах векторов-операндов (навыков-доноров) в порядке их следования слева направо (возможно, с согласованием локальных обозначений).

Функциональная форма записи для профилей навыков в SV-нотации будет также идентична форме записи профилей из раздела 2.2.

В частности, для рассмотренного в 2.2 примера определение профиля PROG_X с помощью нашей нотации получит следующий вид:

Profile PROG_X=(PROG L4; SWDN L4; TEST L2; SINT L2).

В символической записи будем считать, что по умолчанию используется минимальный уровень навыка L.

Как отмечалось выше, результатом применения операции профилирования навыков (SV-векторов) является тоже SV-вектор, который может в дальнейшем наравне с другими навыками участвовать в качестве операнда (навыка-донора) при построении новых профилей.

Следуя классическому определению профиля спецификаций (например, для международных стандартов) [8], предоставим возможность при построении профиля не только агрегировать функциональность нескольких навыков, но и выбирать из их описаний (селектировать) только те фрагменты спецификаций, которые будут необходимы для формирования конечного результата.

В представленной в таблице 3.1 модели описания НРМ в виде SV-вектора введен элемент «Онтологические связи», предназначенный для хранения связей (отношений) данного навыка с другими навыками и сущностями в фонде цифровых навыков (ФЦН). Введение аппарата отношений для SV-векторов позволяет создавать сложные иерархические и сетевые структуры из сущностей, хранящихся в ФНЦ, и использовать для работы с ними инструментарий онтологических движков.

Рассмотрение аппарата отношения навыков и поддержки онтологических методов работы с ними выходит за рамки настоящей книги. Однако возможности этого аппарата продемонстрируем на следующем примере.

Введем над SV-векторами операцию объединения векторов в множество.

Пусть A, B, C, D — SV-вектора, определяющие соответствующие им навыки.

Тогда из этих векторов можно составить множество с именем, например, \$ABCD. Этот факт будем записывать следующим образом:

\$ABCD={A; B; C; D}.

Множество навыков будем называть **метанавыком**, а идентификаторы метанавыков будем начинать со знака доллара — \$.

Метанавык создается при формировании множества навыков и представляет собой некоторый мета-SV-вектор, который обладает следующими свойствами:

— он имеет такую же структуру как и SV-вектор,

— при образовании множества поле метанавыка «Онтологические связи» заполняется связями типа «множество-элемент», устанавливающими связь метанавыка со своими элементами,

— метанавык может входить в качестве элемента в другой метанавык, создавая таким образом иерархические системы навыков,

— метанавык не может использоваться в качестве операнда в операции профилирования,

— для того, чтобы использовать элементы метанавыка в качестве операндов операции профилирования, необходимо выполнить операцию свертки метанавыка в сопутствующий ему профиль. Операцию свертки метанавыка будем обозначать так $\langle ABCD \rangle$. Тогда

$$\langle ABCD \rangle = (A, B, C, D).$$

Рассмотри еще один пример.

Будем обозначать категорию навыков SFIA «**Skills and quality**» из таблицы 2.2 идентификатором \$SQLT, а подкатегории «Skill management», «People management», «Quality and conformance» идентификаторами \$SMNG, \$PMNG, \$QCNF, соответственно. Тогда имеют смысл следующие конструкции:

$$\$SMNG = \{ETMG, LEDA, TMCR, ETDL, TEAC\}$$

$$\$PMNG = \{PEMT, RESC, PDSV\}$$

$$\$QCNF = \{QUMG, QUAS, MEAS, CORE, SFAS, DGFS\},$$

где \$SMNG, \$PMNG, \$QCNF — метанавыки, соответствующие подкатегориям в классификации SFIA.

Тогда множество навыков категории «**Skills and quality**» можно записать так:

$$\$SQLT = \{\$SMNG, \$PMNG, \$QCNF\}.$$

Получившаяся иерархическая структура иллюстрируется на Рис. 3.1.

Так как метанавыки представляют собой множества элементов, к ним применимы операции классической теории множеств, включая и традиционный предикативный аппарат.

Метанавыки могут соответствовать множествам навыков проекта, процесса жизненного цикла или организации.

Полезность использования метаданных в кадровом менеджменте можно проиллюстрировать на следующем примере.

Предположим некоторая компания завершает проект PROJECT_X и планирует переход к еще более масштабному проекту PROJECT_Y. Совокупность навыков, использовавшихся при реализации первого проекта известна и определяется метанавыком \$PROJECT_X. Также предположительно известна совокупность навыков, которая потребуется для реализации нового проекта - \$PROJECT_Y. Менеджер проекта планирует после завершения первого проекта использовать всех его исполнителей во втором проекте. Тогда для того, чтобы определить какие еще навыки потребуются в новом проекте (множество вакансий \$VACANTS_Y), достаточно из множества навыков \$PROJECT_Y вычесть пересечение множеств \$PROJECT_X и \$PROJECT_Y. Т.е.

$$\$VACANTS_Y = \$PROJECT_Y \setminus (\$PROJECT_X \& \$PROJECT_Y)$$

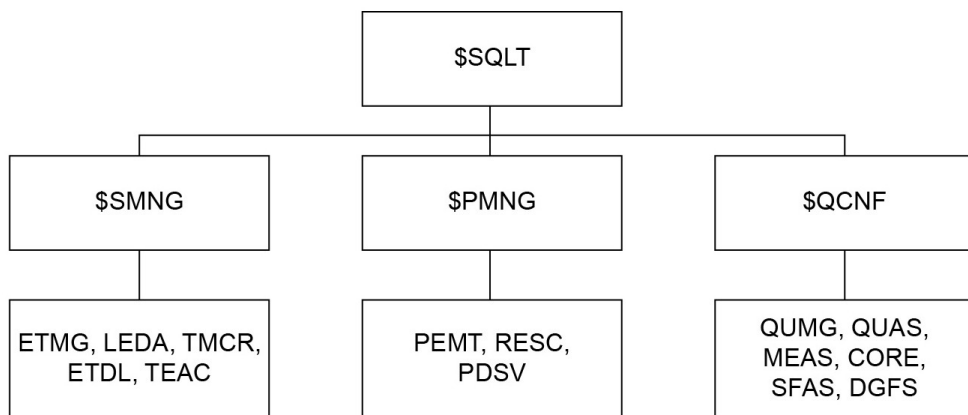


Рис. 3.1. Иерархическая структура навыков SFIA для категории «**Skills and quality**».

Далее рассмотрим еще один важный механизм описания навыков рабочего места, это механизм конкретизации абстрактных навыков, полученных с помощью справочника навыков SFIA, требованиями контекста рабочего места.

В рассматриваемом нами подходе предлагается два способа реализации этого механизма.

В первом подходе для ввода в описание навыка (SV-вектора) дополнительной информации о контексте рабочего места используется специально отведенный для этой цели элемент вектора «КОНТЕКСТ», который может рассматриваться как контейнер для загрузки в него спецификаций с дополнительными требованиями и аспектами, связанными с рабочим местом.

Примером спецификаций рабочего места, уточняющих рассмотренный ранее навык PROG_X, мог бы служить файл с именем «имя_файла», содержащий таблицу вида «компетенции-знания» (таблица 3.4), взятую из реальной практики департамента управления персоналом.

Тогда конкретизация навыка PROG_X (привязка абстрактного навыка к рабочему месту) осуществляется пополнением описания навыка описанием контекста рабочего места, в нашей нотации она выглядела бы следующим образом:

PROG_X.КОНТЕКСТ <= «имя_файла».

Второй подход привязки описания навыка к КРМ предполагает использование штатного механизма профилирования навыков (SV-векторов). Однако, в этом случае потребуются, чтобы дополнительная информация о рабочем месте имела структуру и формат SV-вектора. Такая информация может иметь табличное представление в формате SV-вектора (таблица 3.1) или текстовое с использованием ключевых меток (таблица 3.2).

Так как при такой форме записи первые пять полей не имеют ассоциации со словарем навыков SFIA, а содержащаяся в SV-векторе информация не является полным описанием навыка, то такой SV-вектор назовем **субнавыком**. Т.е. под субнавыком понимается SV-вектор, не связанный со словарем навыков SFIA, и заполненный, как правило, частично. Идентификаторы субнавыков будем начинать с символа «#».

Тогда создание вектора субнавыка и заполнение его полей соответствующими для рассмотренного выше примера фрагментами спецификаций в виде строковых констант выглядело бы следующим образом:

```
#KPM_X = new (SV-вектор) /*создание нового SV-вектора,
#KPM_X.ЦЕЛЕВЫЕ НАВЫКИ <= "
```

1. Операционные компетенции рабочего места (компетенции владения технологиями):

- 1.1. Владение одним из языков линейки (Java, C#, C++, C)
- 1.2. вторым языком из линейки (Java, C#, C++, C)
- 1.3. Владение платформами разработки (J2EE, .Net)
- 1.4. Владение языком SQL
- 1.5. Знание одного из продуктов линейки (Oracle СУБД \ MS SQL)
- 1.6. Знание второго продукта линейки (Oracle СУБД \ MS SQL)
- 1.7. Владение MS Office Excel
- 1.8. Способность программировать на VBA
- 1.9. Методология и стандарты разработки ПО
- 1.10. Методология описания бизнес-процессов с помощью спец. средств
- 1.11. Технологии построения баз данных и хранилищ данных
- 1.12. Методы и средства тестирования программного обеспечения
- 1.13. Знание одного из языков веб-разработки из линейки (PHP, ASP)"

2. Дополнительные компетенции

- 2.1. Управление проектами
- 2.2. Английский язык" ,

```
#KPM_X.ЗНАНИЯ <= "
```

1. Знания, необходимые для владения операционными компетенциями:

- 1.1. Знания языка и навыки программирования (на уровне эксперта, L=7)
- 1.2. Знания языка и навыки программирования (на уровне продвинутого пользователя, L=5)
- 1.3. Знания и навыки работы на платформах J2EE, .Net (на уровне разработчика, L=6)
- 1.4. Знания и навыки работы с SQL (синтаксис, написание запросов, оптимизация запросов) 1 — базовые навыки написания запросов; 2 — навыки написания сложных запросов (на уровне разработчика, L=6)
- 1.5. Знание и владение продуктом (на уровне разработчика, L=6)
- 1.6. Знание и владение продуктом (на уровне продвинутого пользователя, L=5)
- 1.7. Знание и владение продуктом (на уровне продвинутого пользователя, L=5)
- 1.8. Знание и владение VBA, способность программировать макросы на VBA (на уровне пользователя, L=4)
- 1.9. Знание стандарта ISO 12227 и умение его профилировать (на уровне разработчика ПО, L=6)
- 1.10. Владение BPM-система ELMA (на уровне эксперта, L=7)
- 1.11. Знание 3NF, Star Shema, Data Vault etc (на уровне разработчика, L=6)
- 1.12. Знание стандарта P2003 (на уровне разработчика, L=6)
- 1.13. Знания и навыки работы (на уровне пользователя, L=4)" ,

2. Знания для дополнительных компетенций

- 2.1. Знания в области управления проектами (на уровне пользователя)
- 2.2. Письменная и устная речь (3 — уровень Intermediate, 4 — уровень Upper Intermediate" ,

3. Компетенции практических навыков (опыт работы)

- 3.1. Опыт работы с технической документацией
- 3.2. Опыт проведения предпроектного обследования
- 3.3. Опыт подготовки ТЗ
- 3.4. Опыт анализа оптимизации кода (с использ. инструмент. ср-в)
- 3.5. Опыт работы с инструментами управления хранилищами данных (ETL инструментами)" ,

```
#KPM_X.АСПЕКТЫ <= "
```

Работа с заказчиком
Командная работа
Результативность
Направленность на развитие" .

Таблица 3.4. Описание КРМ для вакансии старшего программиста в проекте X

КРМ: «Старший программист проекта X» Компетенции	Описание требований к знаниям/умениям/отношениям)
<p>1. Операционные компетенции рабочего места (компетенции владения технологиями):</p> <p>1.1. Владение одним из языков линейки (Java, C#, C++, C)</p> <p>1.2. Владение ЦЕЛЕВЫЕ НАВЫКИ вторым языком из линейки (Java, C#, C++, C)</p> <p>1.3. Владение платформами разработки (J2EE, .Net)</p> <p>1.4. Владение языком SQL</p> <p>1.5. Знание одного из продуктов линейки (Oracle СУБД \ MS SQL)</p> <p>1.6. Знание второго продукта линейки (Oracle СУБД \ MS SQL)</p> <p>1.7. Владение MS Office Excel</p> <p>1.8. Способность программировать на VBA</p> <p>1.9. Методология и стандарты разработки ПО</p> <p>1.10. Методология описания бизнес-процессов с помощью спец. средств</p> <p>1.11. Технологии построения баз данных и хранилищ данных</p> <p>1.12. Методы и средства тестирования программного обеспечения</p> <p>1.13. Знание одного из языков веб-разработки из линейки (PHP, ASP)</p> <p>2. Дополнительные компетенции</p> <p>2.1. Управление проектами</p> <p>2.2. Английский язык</p> <p>3. Компетенции практических навыков (опыт работы)</p> <p>3.1. Опыт работы с технической документацией</p> <p>3.2. Опыт проведения предпроектного обследования</p> <p>3.3. Опыт подготовки ТЗ</p> <p>3.4. Опыт анализа оптимизации кода (с использ. инструмент. ср-в)</p> <p>3.5. Опыт работы с инструментами управления хранилищами данных (ETL инструментами)</p>	<p>1. Знания, необходимые для владения операционными компетенциями:</p> <p>1.1. Знания языка и навыки программирования (на уровне эксперта, L=7)</p> <p>1.2. Знания языка и навыки программирования (на уровне продвинутого пользователя, L=5)</p> <p>1.3. Знания и навыки работы на платформах J2EE, .Net (на уровне разработчика, L=6)</p> <p>1.4. Знания и навыки работы с SQL (синтаксис, написание запросов, оптимизация запросов) 1-базовые навыки написания запросов; 2 — навыки написания сложных запросов (на уровне разработчика, L=6)</p> <p>1.5. Знание и владение продуктом (на уровне разработчика, L=6)</p> <p>1.6. Знание и владение продуктом (на уровне продвинутого пользователя, L=5)</p> <p>1.7. Знание и владение продуктом (на уровне продвинутого пользователя, L=5)</p> <p>1.8. Знание и владение VBA, способность программировать макросы на VBA (на уровне пользователя, L=4)</p> <p>1.9. Знание стандарта ISO 12227 и умение его профилировать (на уровне разработчика ПО, L=6)</p> <p>1.10. Владение BPM-система ELMA (на уровне эксперта, L=7)</p> <p>1.11. Знание 3NF, Star Shema, Data Vault etc (на уровне разработчика, L=6)</p> <p>1.12. Знание стандарта P2003 (на уровне разработчика, L=6)</p> <p>1.13. Знания и навыки работы (на уровне пользователя, L=4)</p> <p>2. Знания для дополнительных компетенций</p> <p>2.1. Знания в области управления проектами (на уровне пользователя)</p> <p>2.2. Письменная и устная речь (3 — уровень Intermediate, 4 — уровень Upper Intermediate)</p> <p>3. Практические умения (опыт работы)</p> <p>3.1. Умение работать с технической литературой, специальными сетевыми ресурсами</p> <p>3.2. Владение методами интервьюирования, анкетирования, формализации требований, документирования результатов</p> <p>3.3. Умение формировать требования к итоговым и промежуточным результатам работы</p> <p>3.4. Умение анализа оптимизации кода, в том числе и с использованием инструментальных средств</p> <p>3.5. (HAL, DIM, Oracle Data Integrator), лет</p>
4. Социально-личностные компетенции	
Ответственность..	
Работа с заказчиком	
Командная работа	
Результативность	
Направленность на развитие	

Субнавыки рассматриваются как полноправные сущности хранения в ФЦН, но для них разрешим только операцию профилирования (как и для любых SV-векторов), за тем исключением, что в списке операндов профиля они должны занимать все самые правые позиции.

Тогда привязка навыка PROG_X к #KPM по второму способу выглядела бы следующим образом:

$$\text{PROG_X} = (\text{PROG_X}, \#KPM_X)$$

В заключение подведем итоги проделанной в рамках данной главы работе:

1. Предложена нотация для спецификации цифровых навыков, построенная на основе использования типовой структуры — SV-вектора, с фиксированным набором элементов и заданной семантикой.

2. SV-вектор как базовая модель описания навыка сконструирован так, что включает в себя как часть модель представления навыка в подходе SFIA, и, таким образом, позволяет использовать весь методический аппарат и справочник навыков SFIA в работе с навыками.

3. В SV-нотации использована в качестве базовой система классификации навыков SFIA, в тоже время предоставляется возможность параллельного использования и других систем классификации, в случае необходимости.

4. Над множеством SV-векторов введены:

- операция профилирования SV-векторов для конструирования нового SV-вектора (навыка) посредством агрегации спецификаций однородных элементов навыков-операндов;
- операция объединения SV-векторов в множество, которое представляется SV-вектором специального вида, называемого метанавыком. Показано, как с помощью операции построения метанавыка можно формировать иерархические структуры навыков, определяющие системы навыков организаций, подразделений, проектов и т.п.;
- предложены два способа конкретизации навыка дополнением его описания описанием требований контекста рабочего места. Первый способ реализуется заливкой описаний контекста в специальный элемент-контейнер SV-вектора с названием КОНТЕКСТ. Второй способ предполагает выполнять работу по конкретизации в два этапа. Сначала осуществить приведение описания контекста к SV-вектору специального вида, называемого субнавыком, а затем применить операцию профилирования к SV-вектору, определяющего исходный навык, и к SV-вектору, определяющему описание контекста (субнавыку).

5. В структуру SV-вектора введен элемент «Онтологические связи», предназначенный для хранения связей (отношений) между навыками фонда ФЦН и обработки их инструментами онтологических движков. В частности, операция объединения навыков в множество реализуется с помощью отношения «система-элемент» и позволяет определять иерархические структуры навыков.

Предложенная в данной главе SV-нотация является основополагающим для рассматриваемой СРЦН методом спецификации навыков, их структурирования и обработки онтологическими инструментами ФЦН. Она построена таким образом, что позволяет в полной мере использовать систему классификации навыков и справочник навыков SFIA.

Глава 4

Куррикулумный подход в спецификации образовательных программ

К настоящему времени сложилась целостная система разработки и сопровождения международных стандартов и рекомендаций в виде куррикулумов для основных направлений области ИТ, называемая куррикулумной стандартизацией [15], которая стала важнейшим методологическим инструментом в создании современной системы ИТ-образования. Данная глава посвящена анализу современной системы международных стандартов куррикулумов в области ИТ. На основе анализа этих куррикулумов предложена полная целевая модель описания образовательных программ/ресурсов в виде иерархической структуры определяемых в них результатов обучения.

4.1 Куррикулумный подход и куррикулумная стандартизация

Содержание образовательной программы определяется тематической направленностью наполняющего ее учебного контента, называемого сводом или объемом знаний (Body of Knowledge — ВОК). Как правило, такой контент представляется в виде иерархической системы, включающей предметные области, модули знаний, учебные курсы, темы занятий, с помощью которых задача освоения всего образовательного контента или свода знаний разбивается на отдельные подзадачи, увязанные в одно целое учебной программой. Образовательные, или точнее учебные, программы различаются в широком диапазоне. Это могут быть многолетние программы базового образования (бакалавриата и магистратуры), достаточно сложные программы переквалификации или второго шанса, разнообразные программы дополнительного образования по развитию тех или иных навыков.

Описания наиболее сложных программ базового ИТ-образования традиционно строились на основе так называемого куррикулумного подхода (*curriculum approach* — в переводе — подход программ учебных курсов).

Данный подход сформировался в процессе стандартизации на международном уровне программ учебных курсов системы ИТ-образования по различным направлениям подготовки ИТ-кадров. Актуальность стандартизации учебных программ ИТ-образования была обусловлена процессами глобализации мировой экономики и повсеместным распространением ИТ, играющим в экономике все возрастающую роль. Именно разработка международных стандартов/рекомендаций в сфере ИТ-образования, обладающих высоким уровнем консенсуса в профессиональной среде и служащих ориентиром для университетов и вузов дает возможность систематизировать и унифицировать требования практики к соответствующим учебным программам и к выпускникам вузов, своевременно учитывать в образовательной деятельности достижения и тенденции развития науки и технологий, обобщать и использовать лучшую образовательную практику, повышать эффективность построения актуальных учебных программ, и тем самым, позволяет сформировать единое пространство в сфере ИТ-образования, обеспечить высокую мобильность ИТ-кадров.

Ответственность за решение задачи формирования таких ориентиров-рекомендаций в виде стандартизованных учебных программ или куррикулумов (*curriculum*) взяли на себя ведущие международные профессиональные организации — Ассоциация вычислительной техники¹ и Компьютерное общество Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике², которые ведут эту работу, начиная с 60-х годов 20-го столетия [54, 55].

Куррикулумная стандартизация стала важнейшим методологическим инструментом в создании современной системы ИТ-образования.

Сначала уточним, что понимается под словом куррикулум. Это учебно-методический материал в виде руководства преподавателям и учащимся, предназначенный для разработки учебных программ по конкретным направлениям подготовки, который включает в себя определение набора ожидаемых характеристик выпускников и требования к предварительной подготовке поступающих на программу обучения, описание архитектуры свода знаний учебной программы, детальную спецификацию элементов свода знаний, определение результатов обучения/компетенций, а также включает методические материалы с рекомендациями по методам составления учебных программ, проведению практик и лабораторных работ, требованиям в выпускным работам, адаптации к различным институциональным средам и т.п. Еще одной важной составляющей таких руководств, как правило, является описание примеров учебных программ и примеров учебных курсов, реализованных известными университетами. К сожалению авторы не могут предложить адекватный этому понятию термин русского языка. Поэтому вынуждены использовать прямую кальку с английского языка.

¹Association for Computing Machinery (ACM). URL: <http://www.acm.org>

²IEEE Computer Society (IEEE-CS). URL: <http://www.computer.org/>

Проект первого стандарта куррикулума для направления подготовки компьютерные науки (Computer Science) был опубликован организацией ACM в 1965 г. [56], а в 1968 г. он после доработки был опубликован в окончательном виде, получив известность как Curriculum 68 [57]. Через десять лет в 1978 году ACM выпустила новую версию этого документа, известного как Curriculum 78 [58]. Примерно в таком же плане велась работа и в рамках IEEE-CS по разработке типовых программ подготовки бакалавров компьютерной инженерии (Computer Engineering). В 1985 году ACM и IEEE-CS объединили свои усилия, создав объединенную целевую группу под председательством профессора Питера Деннинга. В 1989 году эта группа подготовила доклад «Computing as a discipline» [59], в котором формулировались принципы преподавания дисциплины, названной компьютерингом (Computing) и объединившей в себе две дисциплины (поддисциплины) — компьютерные науки (Computer Science) и компьютерную инженерию (Computer Engineering). В 1991 году объединенная группа опубликовала новое руководство для подготовки бакалавров по компьютерингу — Computing Curricula 1991 (CC 1991) [60], надолго ставшее по существу эталон для университетов в деле подготовки ИТ-кадров.

В 1998 году, вновь созданная объединенная группа специалистов под эгидой ACM и IEEE-CS приступила к разработке куррикулума Computing Curricula 2001 (CC 2001) [61]. Разработчикам этого документа уже на стадии анализа стало ясно, что за истекшее десятилетие область ИТ претерпела столь значительные изменения — развитие и вширь, и вглубь, названное в документах группы драматическим, что для ее адекватного представления в академическом пространстве необходимо было понятие компьютеринга распространить на всю область ИТ и разработать целую систему куррикулумов, соответствующую современному состоянию науки и отрасли ИТ, потребностям практики в ИТ-кадрах.

Масштабность этого проекта потребовала вовлечением в него ряда других профессиональных организаций, включая: Ассоциацию информационных систем (The Association for Information Systems — AIS) и Ассоциацию профессионалов в области ИТ (The Association for Information Technology Professionals — AITP).

К середине первого десятилетия текущего века был разработан целостный набор стандартов куррикулумов (curriculum standards) или просто куррикулумов, описывающих типовые модели учебных программ по основным профилям/направлениям подготовки ИТ-кадров.

В последующие годы в рамках этого процесса, принявшего постоянный, непрерывный характер и осуществляемого на принципах консорциумной стандартизации, все куррикулумы первого пятилетия были переработаны и вышли в новых редакциях. Периодичность пересмотра стандартов куррикулумов составляет примерно пятилетие.

Основным концептуальным документом системы куррикулумов ИТ-образования служит документ CC2005 [62], в котором определена архитектура системы куррикулумов, описаны важнейшие методологические положения, лежащие в основе куррикулумного подхода.

В частности, CC2005 включает:

- описание архитектуры системы куррикулумов и профессиональных характеристик базовых профилей/направлений подготовки;
- описание характерных областей деятельности для разных базовых профилей подготовки с использованием графической модели пространства задач;
- сравнительный анализ базовых профилей по тематическому содержанию профессиональной подготовки с помощью шкалированной табличной формы для ключевых технологий, общих для всех профилей;
- описание исходящих профессиональных характеристик выпускников базовых профилей;
- принципы разработки самих куррикулумов и т.д.

Сначала рассмотрим модель архитектуры системы куррикулумов, которая дифференцирует базовые профили/направления подготовки в соответствии с характером деятельности ИТ-специалистов.

Такая дифференциация на качественном уровне может быть проиллюстрирована графической моделью, представленной на рис. 4.1 [63], на котором кривыми линиями, соответствующими различным профилям подготовки, выделены характерные для специалистов каждого профиля области деятельности в пространстве профессиональных задач.

Именно таксономия профилей и разработка детальных куррикулумов для каждого из них предоставляют возможность разработки учебных программ в широком диапазоне требований практики к профилированной подготовке выпускников вузов.

Кратко рассмотрим основные принципы куррикулумного подхода [63].

1. Системный комплексный характер и дифференциация основных направлений подготовки в соответствии с характером деятельности ИТ-специалистов, а именно, выделение следующих базовых профилей (называемых в СС 2005 также поддисциплинами):

- Компьютерные науки (computer science — CS);
- Вычислительная техника (computer engineering — CE);
- Информационные системы (information systems — IS);
- Информационные технологии (information technology — IT);
- Программная инженерия (software engineering — SE).

На рис. 4.2 иллюстрируется архитектурная модель системы куррикулумов, определенная в документе СС2005.

Как видно из рисунка, данная модель является открытой, т.е. расширяемой в случае разработки новых профилей подготовки ИТ-специалистов.



Рис. 4.1. Модель пространства задач для базовых профилей дисциплины компьютеринг (компьютерная инженерия, информационные системы, компьютерные науки, информационные технологии, программная инженерия).

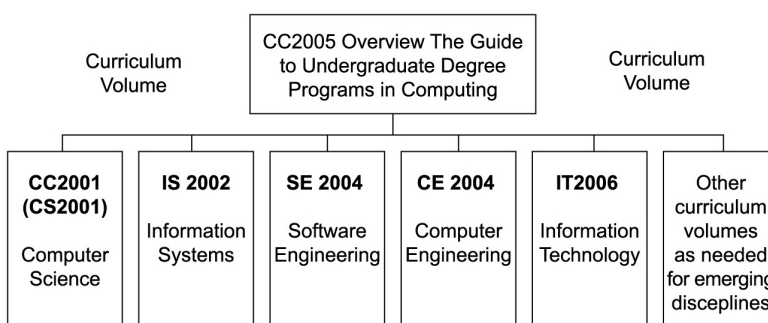


Рис. 4.2. Архитектурная модель системы куррикулумов, определенная в документе CC2005.

2. Целостность системы куррикулумов благодаря тому, что все они разработаны в соответствии с определенными в СС2005 едиными терминологией, архитектурой, принципами.

3. Знание-ориентированный характер большинства куррикулумов, в которых основное содержание составляет спецификация структуры и собственно объемов (сводов) актуальных знаний (body of knowledge или ВоК), соответствующих профилям подготовки. Для некоторых куррикулумов нового поколения стало характерным применение компетентностного подхода, при котором своды знаний не определяются в явной форме, а задаются опосредованно через структурированные наборы компетенций в качестве результатов обучения, которыми должны владеть выпускники образовательных программ.

4. Единая архитектура представления знаний в виде многоуровневой (трех или четырехуровневой) иерархической структуры — на верхнем уровне иерархии располагаются предметные области (areas), которые подразделяются на модули знаний (units), последние в свою очередь разбиваются на темы (topics), которые могут делиться на подтемы (subtopics). На рис. 4.3 иллюстрируется типовая архитектуры свода знаний (ВоК) на примере CS ВоК. В случае применения компетентностного подхода задается иерархическая структура областей компетенций (домены, поддомены).

5. Концепция ядра (core) свода знаний — выделение в ВоК минимально необходимого содержания для всех учебных программ, что способствует поддержке целостности образовательного пространства, мобильности учащихся, гарантирует заданный уровень качества базовой подготовки [64].

6. Спецификация профессиональных характеристик выпускников и классов соответствующих их профилю задач профессиональной деятельности, а также целей и результатов обучения.

7. Включение рекомендаций методического характера по диверсификации направлений подготовки [65], составлению учебных планов, компоновки курсов из модулей знаний в соответствии с выбранной педагогической стратегией реализации учебной программы, организации профессиональной практики, реализации процессов обучения.

8. Включение описания примеров учебных программ в целом (куррикулумов) и программ отдельных учебных курсов, разработанных и успешно реализуемых наиболее известными университетами.

9. Консорциумный характер процесса разработки куррикулумов, интегрирующий усилия академических, промышленных, коммерческих и правительственных организаций, ведущих специалистов образования и отрасли, что обеспечивает высокую степень доверия и высокий уровень консенсуса профессионального сообщества по отношению к стандартам куррикулумов.

Именно акцент на проектирование, систематизацию и структурирование актуальных сводов знаний (в явном виде или неявном через компетенции), а также на проектирование связанных с ними системы компетенций/результатов обучения для различных направлений подготовки ИТ-специалистов, определяет ос-

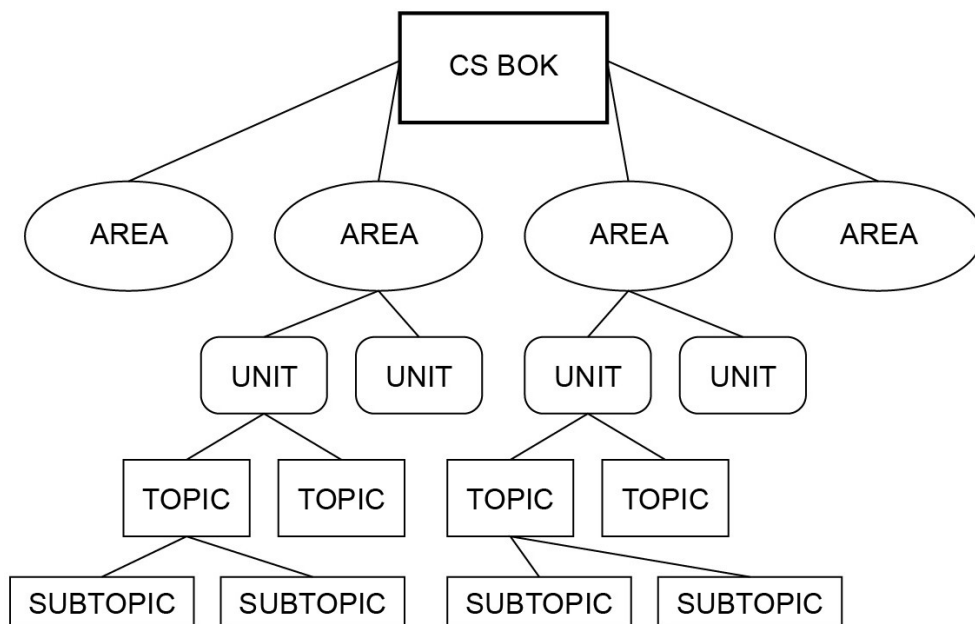
Архитектура CS BOK (body of knowledge)

Рис. 4.3. Типовая архитектура свода знаний для профиля CS.

новную ценность данного подхода и целесообразность его применения при разработке образовательных стандартов.

В последнее пятилетие практически все куррикулумы по указанным выше профилям подготовки были переработаны и вышли в новых редакциях.

Современный стек куррикулумов дисциплины компьютеринг для подготовки бакалавров и магистров включает следующие основные документы:

1. Curricula Compuring 2005 (CC2005),
2. Computer Science 2013 (CS2013) [66],
3. Computer Engineering 2016 (CE2016) [67],
4. Software Engineering 2014 (SE2014) [68],
5. Graduate Software Engineering 2009 (GSwE2009) [69],
6. Information Systems 2010 (IS2010) [70],

7. Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems — (MSIS2016) [71],
8. Information Technology. Curricula 2017 (IT2017) [72].
9. CYBERSECURITY. CURRICULA 2017 (CSEC2017) [73].
10. Data Science Body of Knowledge (DS-BoK) EDSF DS-BoK — Release 2 [75].

На рис. 4.4 показана архитектура современной системы куррикулумов.

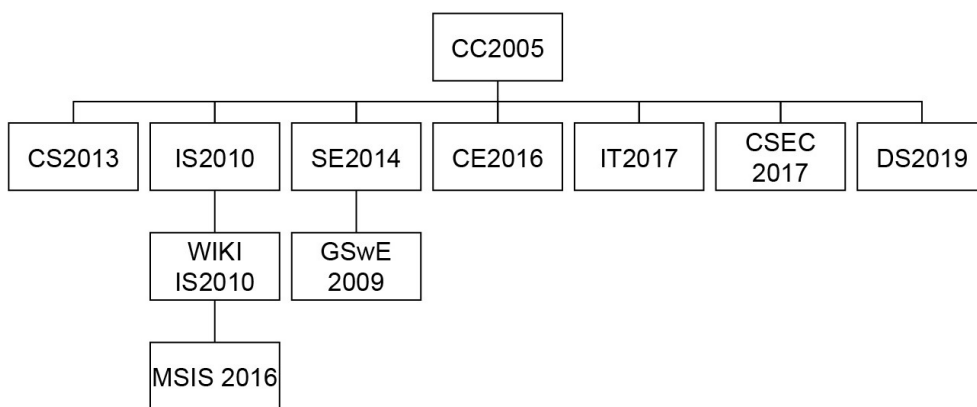


Рис. 4.4. Архитектура современной системы куррикулумов.

Рассмотрим основное содержание и характеристики указанных выше действующих стандартов куррикулумов по каждому из базовых профилей (направлений подготовки) с акцентом внимания на принципы построения сводов знаний ВоК и ядра ВоК (СВоК), а также определения результатов обучения и используемых для их описания дидактических параметров.

4.2 Профиль Computer Science (CS)

Для профиля CS последней ревизией стандарта куррикулума пока служит документ **CS2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Computer Science 2013** — представляющий собой комплексную ревизию предыдущей редакции куррикулума (CS2008). CS2013 предназначен для разработки CS—программ бакалавриата. Основное внимание при подготовке CS2013 уделялось: тщательному пересмотру свода знаний, переосмыслению ядра свода знаний, уточнению характеристик выпускников CS-программ, методическим аспектам подготовки компьютерных ученых в различных институциональных

контекстах. CS 2013 включает также описание примеров программ CS и значительный пул описаний самих курсов по отдельным дисциплинам компьютеринга. Общий объем документа составляет более 500 страниц.

Рассмотрим CS2013 детальнее.

В CS2013 весь объем профессиональных знаний на верхнем уровне разбивается на следующие 18 предметных областей:

- AL Алгоритмы и сложность (Algorithms and Complexity)
- AR Архитектура и организация (Architecture and Organization)
- CN Вычислительная наука (Computational Science)
- DS Дискретные структуры (Discrete Structures)
- GV Графика и Визуализация (Graphics and Visualization)
- HCI Взаимодействия человека и компьютера (Human-Computer Interaction)
- IAS Защита информации и безопасность (Information Assurance and Security)
- IM Управление информацией (Information Management)
- IS Интеллектуальные системы (Intelligent Systems)
- NC Сети и коммуникации (Networking and Communications)
- OC Операционные системы (Operating Systems)
- PBD Платформенно-ориентированная разработка (Platform-based Development)
- PD Параллельные и распределенные вычисления (Parallel and Distributed Computing)
- PL Языки программирования (Programming Languages)
- SDF Основы развития программного обеспечения (Software Development Fundamentals)
- SE Программная инженерия (Software Engineering)
- SF Основы систем (Systems Fundamentals)
- SP Социальные аспекты и профессиональная практика (Social Issues and Professional Practice)

В CS2013 отражены важные тенденции развития области ИТ. В частности, это — возросшая значимость системных решений, параллельных и распределенных вычислений, сервисов информационной безопасности, платформенно-ориентированных программных разработок. Вновь акцентировано внимание к сетевым технологиям, в которых происходят революционные изменения в связи с наступлением эры Интернета вещей и внедрением новых сетевых технологий.

Характерные черты построения стандарта куррикулума CS2013.

1. Основу данного куррикулума составляет определение свода знаний CS BoK и результатов обучения (Learning outcomes), связанных с дидактическими единицами. Архитектура CS BoK представляет собой четырехуровневую иерархическую структуру:

- на верхнем уровне иерархии расположены предметные области (area — disciplinary subfields) — 18 областей;
- предметные области подразделяются на тематические модули (units) — 163 модуля;
- модули в свою очередь подразделяются на темы (topics), раскрывающие содержание модулей, и, которые, в свою очередь, могут разбиваться на подтемы.

2. Из объема знаний при описании модулей выделяется список обязательных тем т.е., составляющих ядро. Предложена двухуровневая конструкция ядра, которое из технологических соображений разделяется на две части — два слоя (tiers). Объем ядра, измеренный в лекционных часах (lectures hours), составляет примерно 300 лекционных часов ($300 \cdot 4 = 1200$ — общих часов с учетом самостоятельной работы обучающихся). В первый слой ядра входит список безоговорочно обязательных тем, для тем второго слоя допускается некоторая вариативность в тех случаях, когда для университетов реализация полного списка тем ядра представляется невыполнимой задачей. Темы модулей могут отмечаться как принадлежащими к ядру или быть темами по выбору (Electives).

3. Результаты обучения (в виде Learning outcomes) опреляются на уровне модулей знаний. Таким образом с каждым модулем знаний связан набор тем и наборы результатов обучения. Наборы результатов могут относиться к первому слою ядра (Core-Tier1), ко второму слою (Core-Tier1) или быть не связанными с темами ядра. Всего определено 1111 результатов обучения, из них 562 относятся к модулям ядра.

4. С каждой записью результата обучения явно связывается уровень когнитивности или мастерства (level of mastery). Классификации уровней когнитивности представляет собой упрощенную модель классификации/таксономии Блума [74]. В CS2013 используется трехуровневая шкала оценки уровня мастерства:

Familiarity (Знакомство), Usage (Использование), Assessment (Оценка). Из примеров использования других дидактических параметров следует отметить почасовой объем (в лекционных часах) материала ядра (используется на уровне модулей знаний), а также признака наличия в модуле тем по выбору.

4.3 Профиль Computer Engineering (CE)

Для профиля CE последней редакцией куррикулума служит документ CE2016: Computer Engineering Curricula 2016 [67], пересмотренная версия предыдущего стандарта — CE2004, в которой разработчики постарались отразить достижения последнего десятилетия в области вычислительной техники. CE2016 предназначен для разработки программ бакалавриата.

В вводной части CE2016 определены основные принципы его разработки, первым из которых объявляется принцип непрерывности процесса актуализации куррикулума, т.е. организация непрерывного обновления его отдельных компонентов, учитывающего динамику развития компьютерных технологий. Также важным принципом провозглашается стратегия обучения студентов для непрерывного образования на протяжении жизни (lifelong learning — LLL).

Основное внимание в CE2016 уделено построению свода знаний (CEVoK) в виде трехуровневой архитектуры. На верхнем уровне иерархии CEVoK состоит из предметных областей (areas), которые разбиваются на основные (core) или дополнительные (supplementary) модули знаний (units). Нижний уровень иерархии CEVoK (на уровне тем) представляют результаты обучения (learning outcomes), ассоциированные с модулями и раскрывающие их содержание.

В совокупности объем материала областей знаний составляет примерно 50% от объема полной учебной нагрузки в типичной четырехлетней учебной программе подготовки бакалавров CE.

Одной из центральных задач CE2016 является выделение и спецификация базовой компоненты — ядра (core) профессиональных знаний, содержащего важнейшие понятия и методы области CE, которые должны входить в любую программу подготовки бакалавров CE, что, как уже отмечалось, поддерживает мобильность студентов, гибкость составления учебных программ, гарантированный уровень качества подготовки, гибкость разработки индивидуализированных учебных программ.

К безусловно важной части CE2016 следует отнести описание набора лабораторных работ как обязательных, так и факультативных (всего порядка 20), без которых невозможна подготовка квалифицированных инженеров, а также описание требований к практике и проектной деятельности.

К узловым главам CE2016 следует отнести вторую и третью главы. В Главе 2 определяются характеристики выпускника, а Глава 3 посвящена описанию архитектуры свода знаний и его ядра.

В CE2016 включены 12 предметных областей, включая:

- CE-CAE Circuits and Electronics (Схемы и электроника)

- CE-CAL Computing Algorithms (Алгоритмы компьютеринга)
- CE-CAO Computer Architecture and Organization (Компьютерная архитектура и организация)
- CE-DIG Digital Design (Цифровое проектирование)
- CE-ESY Embedded Systems (Встроенные системы)
- CE-NWK Computer Networks (Компьютерные сети)
- CE-PPP Preparation for Professional Practice (Подготовка к профессиональной практике)
- CE-SEC Information Security (Информационная безопасность)
- CE-SGP Signal Processing (Обработка сигналов)
- CE-SPE Systems and Project Engineering (Системы и инжиниринг проектов)
- CE-SRM Systems Resource Management (Менеджмент системными ресурсами)
- CE-SWD Software Design (Разработка программного обеспечения).

В ядро CE2016 также включены четыре математические дисциплины, а именно:

- CE-ACF Analysis of Continuous Functions (Математический анализ)
- CE-DSC Discrete Structures (Дискретные структуры)
- CE-LAL Linear Algebra (Линейная алгебра)
- CE-PRS Probability and Statistics (Теория вероятностей и математическая статистика).

Дополнительно определяется минимально необходимый состав математических областей и модулей, представленных с помощью Таблицы 4.1 с указанием минимально необходимого объема лекционных часов для их изучения.

Таблица 4.1. Минимально необходимый состав математических областей и модулей для CE2016

Mathematics Knowledge Areas and Units	
CE-ACF Analysis of Continuous Functions [30 core hours] CE-ACF-1 History and overview [1] CE-ACF-2 Relevant tools and engineering applications [1] CE-ACF-3 Differentiation methods [4] CE-ACF-4 Integration methods [6] CE-ACF-5 Linear differential equations [8] CE-ACF-6 Non-linear differential equations [3] CE-ACF-7 Partial differential equations [5] CE-ACF-8 Functional series [2]	CE-DSC Discrete Structures [30 core hours] CE-DSC-1 History and overview [1] CE-DSC-2 Relevant tools and engineering applications [1] CE-DSC-3 Functions, relations, and sets [6] CE-DSC-4 Boolean algebra principles [4] CE-DSC-5 First-order logic [6] CE-DSC-6 Proof techniques [6] CE-DSC-7 Basics of counting [2] CE-DSC-8 Graph and tree representations and properties [2] CE-DSC-9 Iteration and recursion [2]
CE-LAL Linear Algebra [30 core hours] CE-LAL-1 History and overview [1] CE-LAL-2 Relevant tools and engineering applications [2] CE-LAL-3 Bases, vector spaces, and orthogonality [4] CE-LAL-4 Matrix representations of linear systems [4] CE-LAL-5 Matrix inversion [2] CE-LAL-6 Linear transformations [3] CE-LAL-7 Solution of linear systems [3] CE-LAL-8 Numerical solution of non-linear systems [4] CE-LAL-9 System transformations [3] CE-LAL-10 Eigensystems [4]	CE-PRS Probability and Statistics [30 core hours] CE-PRS-1 History and overview [1] CE-PRS-2 Relevant tools and engineering applications [2] CE-PRS-3 Discrete probability [5] CE-PRS-4 Continuous probability [4] CE-PRS-5 Expectation and deviation [2] CE-PRS-6 Stochastic processes [4] CE-PRS-7 Sampling distributions [4] CE-PRS-8 Estimation [4] CE-PRS-9 Hypothesis tests [2] CE-PRS-10 Correlation and regression [2]

Основная часть материала в CE2016 изложена в двух приложениях. В Приложении А дается детальное описание областей и модулей знаний, вместе с ассоциированными с ними требованиями к результатам обучения.

Характерные черты построения CE2016:

1. Основной частью CE2016 является описание свода знаний (СЕВоК) в виде трехуровневого иерархического представления. Верхний уровень декомпозиции этой иерархии составляют предметные области (areas), для каждой из которых определяется назначение (thematic scope) и набор составляющих их модулей знаний (units) — обязательных (core), т.е. составляющих ядро, и дополнительных (supplementary). На самом нижнем уровне в архитектуре СЕВоК для каждого модуля определяется набор результатов обучения (**a set of learning outcomes**). Весь объем профессиональных знаний разбит на 12 областей плюс 4 математические области, 135 модуля плюс 37 математических модулей. Для модулей профессиональных областей знаний определены 923 результата обучения, из них 754 относятся к ядру.

2. Объем ядра определяется набором обязательных модулей СЕВоК. Общий объем учебной нагрузки для профессиональной части ядра составляет 420 лекционных часов, что существенно выше объема ядра для направления CS (около 300 часов), кроме этого дополнительно в ядро CE2016 включены модули математиче-

ских дисциплин в объеме (минимально) 120 лекционных часов. (По сравнению с предыдущей редакцией SE2004 объем математической части ядра почти удвоен, при этом авторы SE2016 признают, что 120 часов явно не достаточно для подготовки SE-профессионалов, отмечая, что, как правило, в SE-программах для математического образования инженеров отводится существенно больше часов).

3. С каждым результатом обучения связывается уровень обучения (levels of learning), который варьируется от основных способностей, таких как понимание и определение понятий, до продвинутых способностей, таких как участие в синтезе и оценке. Результаты обучения подразделяются на результаты ядра (Core Learning Outcomes) и результаты по выбору (Elective Learning Outcomes).

4. Уровень обучения определяется неявно с помощью семантики глаголов, используемых для описания результатов обучения и в целом соответствующих таксономии Блума, при этом результаты определяют требования, как к знаниям, так и другим профессиональным аспектам.

4.4 Профиль Software Engineering (SE)

По направлению SE актуальными в настоящее время являются два документа:

- SE2014: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering 2014 — является пересмотренной редакцией предыдущего куррикулума SE2004 и ориентирован на бакалавриат;
- GSwE2009: Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering 2009 — разработан для подготовки магистров по профилю программная инженерия.

Рассмотрим их детальнее.

Куррикулум SE2014.

Данный документ является пересмотренной редакцией куррикулума SE2004. Новая версия куррикулума во многом повторяет структуру предыдущей версии, однако содержание исходного документа подверглось основательной переработке, начиная с первых глав. В частности, дано развернутое понимание дисциплины программной инженерии с учетом его развития за последнее десятилетие (Глава 2), переписаны в более обобщенном виде результаты обучения студентов по SE-программам и принципы, лежащие в основе самого SE2014 (Глава 3). Основное же содержание документа составляют:

— Спецификация свода знаний SEEK (The Software Engineering Education Knowledge), которым должны владеть выпускники программ SE, с выделением ядра (Глава 4), т.е. минимально необходимого объема знаний для всех бакалаврских программ по профилю SE.

— Ядро определяется набором существенных тем (essentials), которые помечаются признаком (E — Essential). Темы, не помеченные как E, считаются желательными (D — Desirable).

— Методические аспекты, определяющие:

- способы изучения свода знаний и приобретения практических навыков, руководящие принципы разработки учебных программ и планов, возможные педагогические стратегии (Глава 5);
- способы организации учебных программ и порядка прохождения материала свода знаний, требования к дипломному проекту (Capstone Project) (Глава 6);
- вопросы адаптации к различным институциональным средам (Глава 7);
- вопросы реализации и оценки учебных программ (Глава 8).

— Описание примеров учебных программ (куррикулумов) (Приложение А).

— Описание обширной коллекции примеров курсов (Приложение В).

Как отмечалось, общая структура SEEK в главе 4 осталась практически такой же, как и в SE2004, но полному пересмотру и коррективам подверглось содержание свода знаний.

Верхний уровень иерархии объема знаний SE2004 составляют следующие 10 предметных областей:

1. Основы компьютеринга (computing essentials — CMP).
2. Математические и инженерные основы (mathematical and engineering fundamentals — FND).
3. Профессиональная практика (professional practice — PRF).
4. Моделирование и анализ программного обеспечения (software modeling and analysis — MAA).
5. Анализ и спецификация требований (requirements analysis and specification — REQ).
6. Проектирование программного обеспечения (software design — DES).
7. Верификация и испытания программного обеспечения (software verification & validation — VAV).
8. Процессы программного обеспечения (software process — PRO).
9. Качество программного обеспечения (software quality — QUA).
10. Безопасность (security — SEC).

Важно отметить, что SE2014 по структуре и содержанию согласован с документом SWEBOOK v3 [76] — своего рода евангелие для разработчиков-практиков программного обеспечения, что упрощает разработчикам учебных программ, детализацию содержания тем отдельных курсов.

В SE2014 представлена логико-семантическая зависимость перечисленных выше предметных областей, иллюстрируемая на Рис. 4.5.

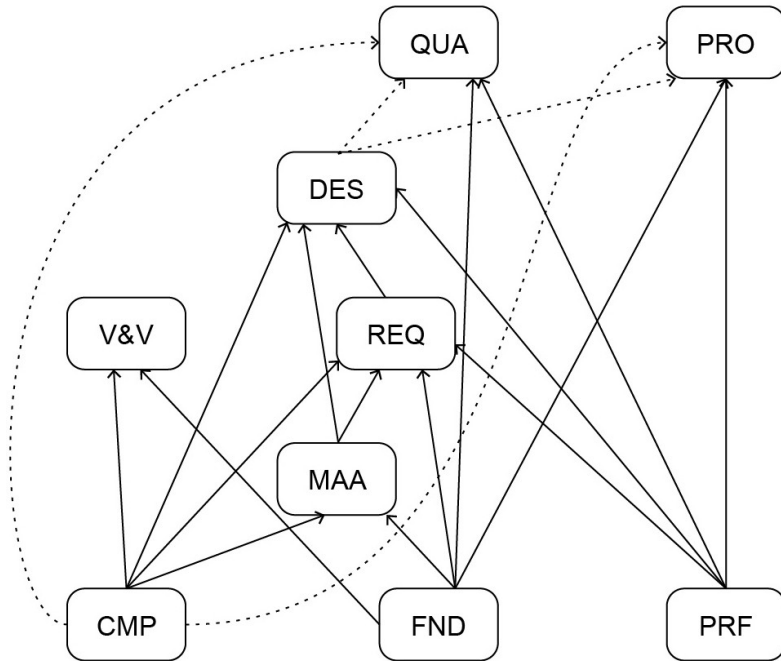


Рис. 4.5. Зависимость между предметными областями [68, С. 53].

Основными особенностями SE2014 являются:

1. Основу данного куррикулума составляет определение свода знаний — Software Engineering Education Knowledge — SEEK. Архитектура SEEK представляет собой трехуровневую иерархическую структуру: верхний уровень — предметные области (areas — disciplinary subfields), предметные области подразделяются на тематические модули (units), модули подразделяются на темы (topics). Всего — 10 областей, 37 модулей, 213 тем.

2. Структуризация предметных областей на модули описывается с помощью таблиц, содержащих для каждого модуля минимально необходимое для его изучения количество контактных часов. Структуризация модулей на темы также представлена в табличной форме с указанием для каждой темы является ли она

обязательной (Essential (E)) или желаемой (Desirable (D)), а также с указанием минимального уровня когнитивности освоения этой темы.

3. Результатами обучения получают названия тем с указанным для каждой темы минимальным уровнем когнитивности навыка (мастерства), соответствующего теме. Шкала уровней когнитивности является упрощенной моделью таксономии Блума и включает три значения: k (Knowledge) — Знание, c (Comprehension) — Понимание, a (Application) — Применение.

4. Общий объем почасовой нагрузки для изучения материала ядра SEEK составляет 467 часов.

Куррикулум GSwE2009.

(Graduate Software Engineering 2009: Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering)

В 2009 г. появился куррикулум для подготовки магистров по профилю программа инженерия — Graduate Software Engineering 2009 (GSwE2009), который явился примером переноса на магистратуру технологий разработки учебных программ бакалавриата на базе куррикулумов с их характерными чертами — четким описанием целей и результатов обучения, детальной спецификацией объемов знаний профессиональной подготовки, выделением обязательного набора знаний (ядра) для всех учебных программ, определением примерного перечня актуальных направлений специализации.

GSwE2009 — стандарт куррикулума магистерского уровня, созданный в рамках iSSEc-проекта (Integrated Software & Systems Engineering Curriculum (iSSEc) Project — по интегрированной программной и системной инженерии), основной спонсор которого МО США. Активную роль в проекте играли профессиональные организации — Международный совет по системной инженерии (INCOSE), промышленная ассоциация национальной обороны США (NDIA), IEEE-CS, ACM и др.

GSwE2009 включает описание:

- набора ожидаемых результатов обучения (Expected Outcomes When a Student Graduates);
- набора исходящих требований к выпускникам или результатов подготовки магистров по программам соответствующим GSwE2009;
- входных требований к подготовке студентов, желающих обучаться по GSwE2009-программам;
- архитектурной модели куррикулума;
- ядра объема знаний (Core Body of Knowledge — CBoK), определяющего обязательный свод знаний для GSwE2009-программ;
- модифицированного метода Блума, используемого для спецификации учебных целей при изучении объема знаний;

- учебных курсов, содержащих материал СВоК, дополняющий свод знаний SWEBOOK, взятый за основу содержания СВоК и др.

Объем знаний GSwE2009 (и соответственно СВоК) построен в виде трехуровневой иерархической системы структурных элементов (дидактических единиц), включающей:

- предметные области на высшем уровне иерархии,
- модули знаний (второй уровень),
- темы (третий уровень).

С каждой дидактической единицей связан некоторый индекс, определяющий необходимый уровень освоения этой единицы учащимся и шкалируемый с помощью модифицированного метода Блума.

Рассмотрим архитектурную модель куррикулума, иллюстрируемую на рис. 4.6. Представленная архитектура куррикулума включает:

- подготовительный материал (preparatory material), владение которым необходимо при поступлении на GSwE2009-программы;
- материалы ядра (core materials), т.е. СВоК;
- материалы университета (university-specific materials);
- материалы по выбору студента (elective materials);
- обязательный capstone-проект (mandatory capstone experience), ниже которого на рисунке простирается пространство профессиональной деятельности магистра.

В перечне исходящих требований к выпускникам по программам GSwE2009 первым стоит требование к владению на магистерском уровне, входящими в СВоК знаниями, формируемыми на базе свода знаний SWEBOOK, дополненного рядом тем по системной инженерии, информационной безопасности, профессиональной подготовке, человеко-машинному интерфейсу, инженерной экономике, управлению рисками, качеству программного обеспечения.

Объем СВоК оценивается в 200 аудиторных или контактных часов, необходимых для его изучения (т.е. общих часов в четыре раза больше — 800),

Это эквивалентно 5-ти семестровым учебным курсам по 40 аудиторных часов за семестр (160 общих часов на каждый курс).

Структура ядра показана на рис. 4.7 в виде правого полукруга, состоящего из секторов, соответствующих ядерной части некоторой предметной области знаний, при этом размер сектора соответствует доли этой части в процентах относительно объема всей учебной программы.

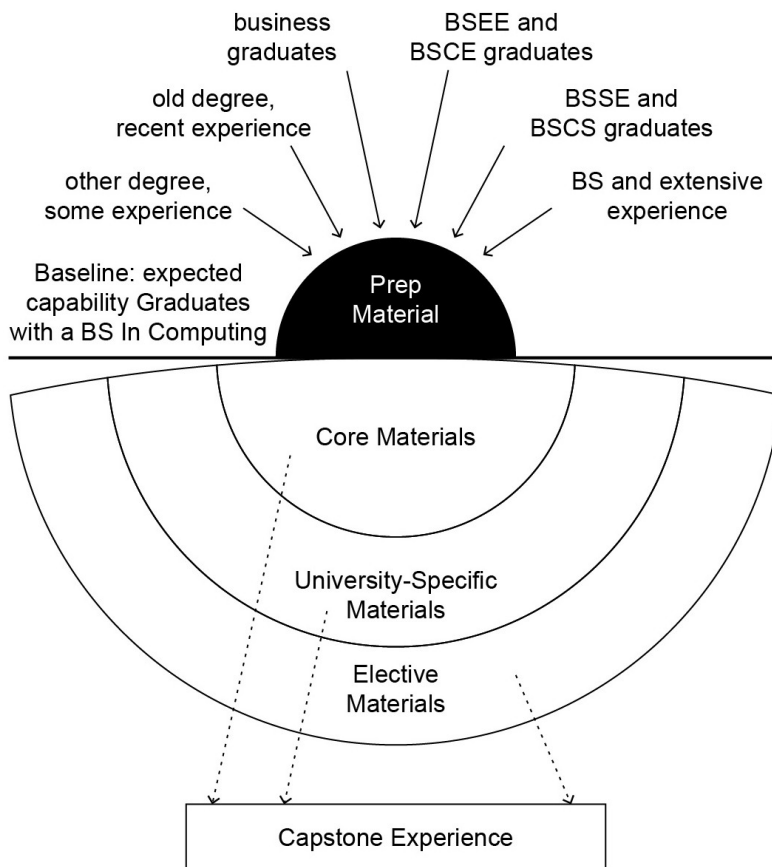


Рис. 4.6. Архитектурная модель куррикулума магистерских программ по профилю SE [69, С. 27].

Всего в ядро входят модули из 11 предметных областей, взятых в основном из SWEBOK:

- A. Ethics and Professional Conduct,
- B. System Engineering,
- C. Requirements Engineering,
- D. Software Design,
- E. Software Construction,
- F. Testing,
- G. Software Maintenance,
- H. Configuration Management,
- I. Software Engineering Management,

J. Software Engineering Process,
K. Software Quality.

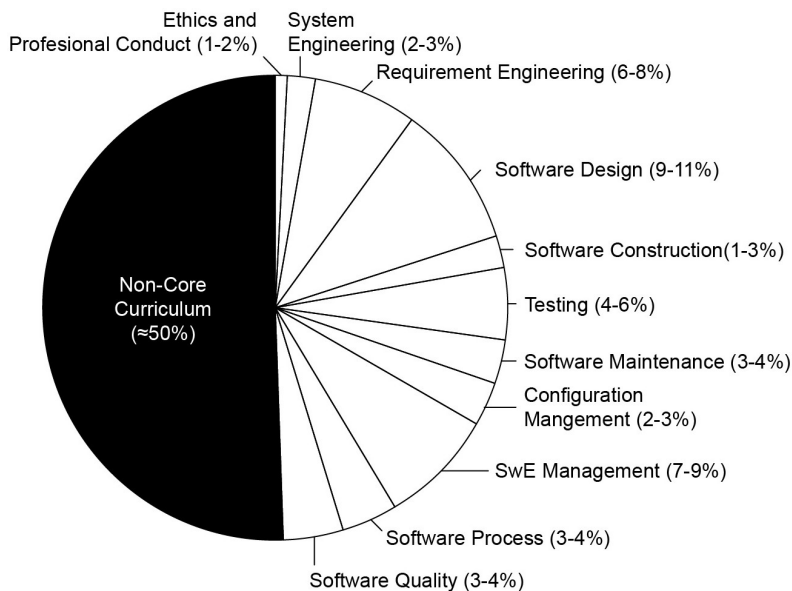


Рис. 4.7. Структура ядра куррикулума GSwE2009 [69, С. 46].

Характерными особенностями SE2014 являются:

1. Объем знаний GSwE2009 (и соответственно CBoK) построен в виде трех-уровневой иерархической системы структурных элементов (дидактических единиц), включающей:
 - предметные области на высшем уровне иерархии,
 - модули знаний (второй уровень),
 - темы модулей знаний (третий).
2. Принадлежность дидактической единицы (области/модуля) к ядру указывается как для областей (в этом случае все модули области считаются входящими в ядро), так и для модулей. Для формирования содержания тем свода знаний используется SWEEBOK.
3. С каждым модулем связан некоторый дидактический параметр, определяющий необходимый уровень освоения этой единицы обучающимся и шкалируемый с помощью модифицированного метода Блума. В частности, ис-

пользуются следующая шкала для определения уровня когнитивности элемента знаний:

- Знание (K)
 - Понимание (C)
 - Приложение (AP)
 - Анализ (AN).
4. Объем содержащегося в СВоК обязательного для изучения материала в 200 аудиторных часов представляется весьма значительным. Это по существу около 50% всей учебной программы.
 5. Анализ содержания СВоК показывает исключительно большое значение, которое отводится в GSwE2009 изучению современных международных стандартов, прежде всего в области системной и программной инженерии, включая: SWEBOOK, CMMI, ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15288, пакет стандартов программной инженерии IEEE (порядка 40),
 6. От магистров требуется знание и системы образовательных стандартов компьютеринга.

4.5 Профиль Information Systems (IS)

Для профиля IS актуальными являются следующие документы:

- IS2010 Curriculum Update: The Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems - ориентирован на подготовку бакалавров IS, разработан в виде двух технически эквивалентных руководств — в виде традиционного документа, а также в виде Wiki-ресурса — IS Curriculum Wiki.
- MSIS2016: Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems — Глобальная компетентностная модель для магистерских программ по направлению информационные системы.

IS2010

Цель разработки IS2010 — отразить значительные изменения в данной области, включая: стандартизацию процессов проектирования IS, широкое внедрение веб-технологий, создание новых архитектурных парадигм, широкое использование крупномасштабных систем ERP, повсеместное распространение мобильных компьютеров и гаджетов, широкое использование инфраструктурных фреймворков (таких как ITIL, COBIT, ISO 17799) и пр.

В IS2010 определены ожидаемые результаты обучения самого высокого уровня (the highest level outcome expectations), а именно:

- Улучшение организационных процессов
- Использование возможностей, созданных технологическими инновациями
- Понимание и решение требований к информации
- Проектирование и управление архитектурой предприятия
- Определение и оценка решений и источников альтернативы
- Обеспечение безопасности данных и инфраструктуры и
- Понимание, управление и контроль в области ИТ-рисков.

Свод знаний IS BoK, описанный в Приложении 4 документа IS2010, строится традиционно в виде трех-четырёх-уровневой иерархии — на верхнем уровне **области** — **areas**, которые подразделяются на **модули знаний (units)**, в свою очередь, представляемые как наборы **тем/подтем (topics)**. IS BoK содержит 20 предметных областей, разбитых на четыре категории, что иллюстрируется в Таб. 4.2.

Таблица 4.2. Структура предметных областей (areas) свода знаний IS BoK

<p>General Computing Knowledge Areas (details from CS 2008) — Общие области знаний компьютеринга (подробности в CS 2008)</p> <p>Programming Fundamentals (Основы программирования)</p> <p>Algorithms and Complexity (Алгоритмы и сложность)</p> <p>Architecture and Organization (Архитектура и организация)</p> <p>Operating Systems (Операционные системы)</p> <p>Net Centric Computing</p> <p>Programming Languages (Языки программирования)</p> <p>Graphics and Visual Computing (Графические и визуальные вычисления)</p> <p>Intelligent Systems (Интеллектуальные системы)</p> <p>Information Systems Specific Knowledge Areas (Специфические области информационных систем)</p> <p>IS Management and Leadership (Управление ИС и лидерство)</p> <p>Data and Information Management (Управление данными и информацией)</p> <p>Systems Analysis & Design (Системный анализ и дизайн)</p> <p>IS Project Management (Управление проектами ИС)</p> <p>Enterprise Architecture (Архитектура предприятия)</p> <p>User Experience (Пользовательский опыт)</p> <p>Professional Issues in Information Systems (Профессиональные вопросы в сфере ИС)</p> <p>Foundational Knowledge Areas (Основы областей знаний)</p> <p>Leadership and Communication (Лидерство и общение)</p> <p>Individual and Organizational Knowledge Work Capabilities (Индивидуальные и организационные навыки работы)</p> <p>Domain—related Knowledge Areas (Области знаний, связанные с приложениями)</p> <p>General models of the domain (Общие модели прикладной области)</p> <p>Key specializations within the domain (Ключевые специализации в прикладной области)</p> <p>Evaluation of performance within the domain (Оценка производительности в прикладной области)</p>

Категория общих предметных областей компьютеринга использует соответствующий объем знаний из CS2008 (теперь уже из CS2013).

Категория специфических для данного профиля областей структурируется на модули знаний так, как показано в Таб. 4.3.

Таблица 4.3. Специфические для данного профиля области IS ВоК.

Структура предметных областей (areas) свода знаний IS ВоК
Information Systems Specific Knowledge Areas (Специфические области знаний для профиля IS)
IS Management and Leadership (Управление ИС и лидерство)
Information Systems Strategy (Стратегия информационных систем)
Information Systems Management (Управление информационными системами)
Information Systems Sourcing and Acquisition (Поиск и приобретение информационных систем)
Strategic Alignment (Стратегическое выравнивание)
Impact of Information Systems on Organizational Structure and Processes (Влияние информационных систем на организационную структуру и процессы)
Information Systems Planning Role of IT in Defining and Shaping Competition (Роль ИТ при планировании информационных систем в определении и формировании конкуренции)
Managing the Information Systems Function (Управление функционированием информационных систем)
Financing and Evaluating the Performance of Information Technology Investments and Operations (Финансирование и оценка эффективности инвестиций и операций в области информационных технологий)
Acquiring Information Technology Resources and Capabilities (Приобретение ресурсов и возможностей информационных технологий)
Using IT Governance Frameworks (Использование фреймворков управления ИТ)
IT Risk Management (Управление ИТ-рисками)
Information Systems Economics (Экономика информационных систем)
Data and Information Management (Управление данными и информацией)
Basic File Processing Concepts (Основные понятия обработки файлов)
Data Structures (Структуры данных)
Data Management Approaches (Подходы к управлению данными)
Database Management (Управление базами данных)
Systems Data and Information Modeling at Conceptual and Logical Levels (Моделирование систем данных и информации на концептуальном и логическом уровнях)
Physical Database Implementation (Реализация физической базы данных)
Data Retrieval and Manipulation with Database Languages (Поиск данных и манипулирование языками баз данных)
Data Management and Transaction Processing (Управление данными и обработка транзакций)
Distributed Databases (Распределенные базы данных)
Business Intelligence and Decision Support (Бизнес-аналитика и поддержка принятия решений)
Security and Privacy (Безопасность и конфиденциальность)
Policies and Compliance (Политика и соответствие требованиям)
Data Integrity and Quality (Целостность и качество данных)
Data and Database Administration (Администрирование данных и баз данных)
Systems Analysis & Design (Системный анализ и дизайн)
Systems Analysis & Design Philosophies and Approaches (Системный анализ и Философия и подходы дизайна)
Business Process Design and Management (Разработка и управление бизнес-процессами)
Analysis of Business Requirements (Анализ бизнес-требований)
Analysis and Specification of System Requirements (Анализ и спецификация системных требований)
Configuration and Change Management (Конфигурация и управление изменениями)
Different Approaches to Implementing Information Systems (Различные подходы к внедрению информационных систем)
High level System Design Issues (Вопросы системного дизайна высокого уровня)
Identification of Opportunities for IT-enabled Organizational Change (Определение возможностей для организационных изменений, связанных с ИТ)
Realization of IT-based Opportunities with Systems Development Projects (Реализация ИТ-возможностей с проектами развития систем)
System Deployment and Implementation (Развертывание и внедрение систем)
System Verification and Validation (Проверка и испытания систем)

Таблица 4.3 – Продолжение

IS Project Management (Управление проектами IS) Project Management Fundamentals (Основы управления проектами) Managing Project Teams (Управление командами проекта) Managing Project Communication (Управление проектной коммуникацией) Project Initiation and Planning (Инициирование и планирование проекта) Project Execution & Control (Выполнение проекта и контроль) Project Closure (Закрытие проекта) Project Quality (Качество проекта) Project Risk (Риск проекта) Project Management Standards (Стандарты управления проектами) Enterprise Architecture Enterprise (Архитектура предприятия) Architecture Frameworks (Фреймворки архитектуры предприятия) Component Architectures (Компонентные архитектуры) Enterprise Application (Корпоративное приложение) Service Delivery Systems (Системы доставки услуг) Integration Content (Интеграционный контент) Management Interorganizational (Межорганизационное управление) Architectures Processes for Developing (Процессы архитектуры для разработки) Enterprise Architecture (Архитектура предприятия) Architecture Change Management (Управление изменениями архитектуры) Implementing Enterprise Architecture (Внедрение архитектуры предприятия) Enterprise Architecture and Management Controls (Архитектура предприятия и элементы управления) User Experience (Пользовательский опыт) Usability Goals and Assessment (Цели и оценка удобства использования) Design Processes (Процессы проектирования) Design Theories and Tradeoffs (Теории дизайна и компромиссы) Interaction Styles (Стили взаимодействия) Interaction Devices (Устройства взаимодействия) Information Search (Поиск информации) Information Visualization (Информационная визуализация) User Documentation and Online Help (Документация пользователя и интерактивная справка) Error Reporting and Recovery (Отчеты об ошибках и восстановление) Professional Issues in Information Systems (Профессиональные проблемы в информационных системах) Societal Context of Computing (Социальный контекст вычислений) Legal Issues (Правовые вопросы) Ethical Issues (Этические вопросы) Intellectual Property (Интеллектуальная собственность) Privacy (Конфиденциальность) IS as a Profession (IS как профессия)
--

Для IS2010 характерны следующие особенности его построения:

1. Вводится структурная модель куррикулума, состоящая из основных курсов (курсов ядра — **core sources**) и курсов по выбору (**elective sources**), которые включают описания тем свода знаний и результатов обучения. Последние связываются с курсами (курсами ядра или дополнительными курсами), а не с дидактическими единицами ВоК.

Такой подход архитектурного построения IS2010 иллюстрируется на рис. 4.8.

2. Используются две категории курсов: — **курсы ядра (core courses)** и дополнительные курсы или курсы по выбору (**electives**). Первые содержат знания, необходимые для всех треков профессиональной подготовки, а вторые — модули знаний, из которых строится профилизация подготовки или треки профессиональной подготовки.

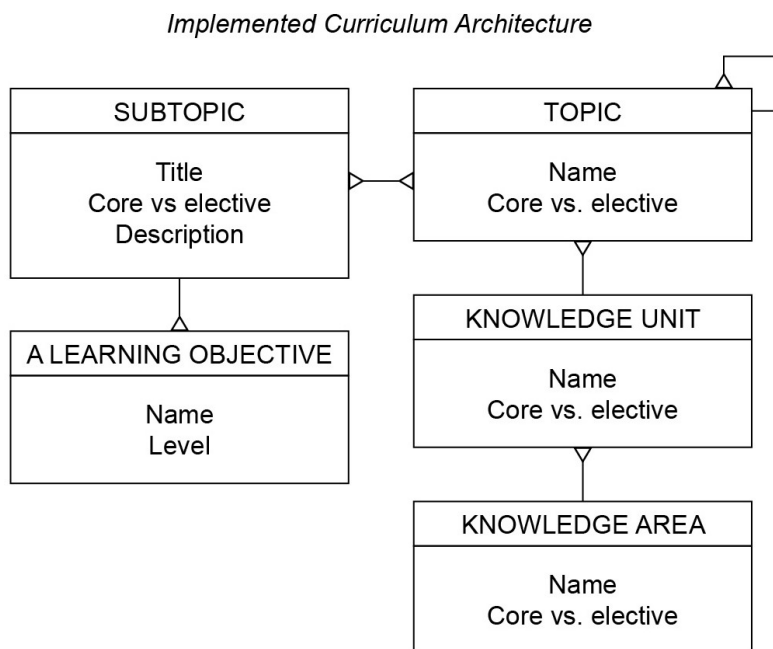


Рис. 4.8. Реализованная структура куррикулума IS2010 [70, С. 24].

Куррикулум включает в себя **7 курсов ядра**:

- Основы информационных систем,
- Управление данными и информацией,
- Архитектура предприятия,
- Управление проектами,
- ИТ-инфраструктуры,
- Системный анализ и проектирование,
- Стратегия, управление и приобретение информационных систем.

Состав курсов ядра и их взаимосвязь показаны на рис. 4.9.

Примерный список курсов по выбору включает следующие курсы:

- Разработка приложений,
- Менеджмент бизнес-процессов,
- Корпоративные системы,
- Введение в человеко-машинное взаимодействие,
- Аудит и управление в ИТ,

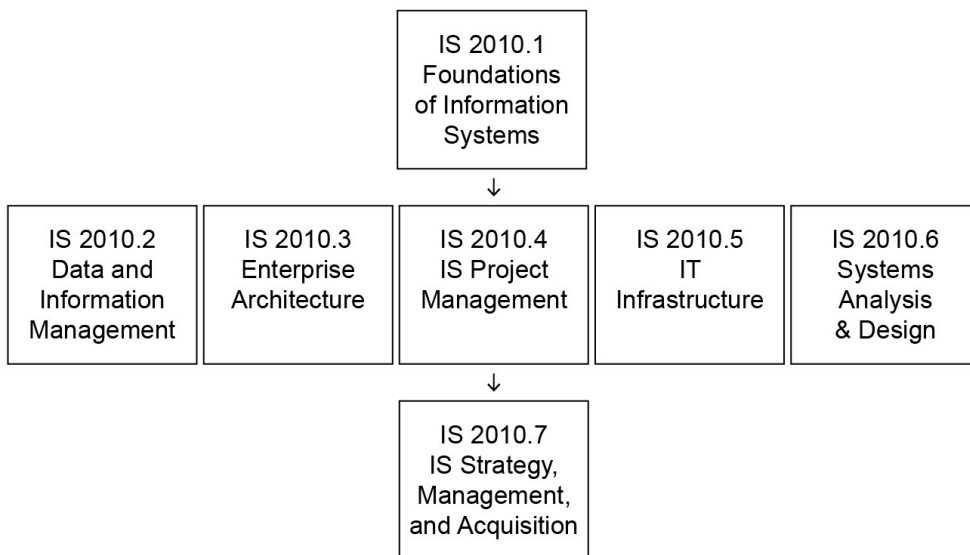


Рис. 4.9. Состав курсов ядра IS2010 [70, С. 27].

- ИС-инновации и новые технологии,
- ИТ-безопасность и управление рисками.

3. Вводится оригинальный **инструмент диверсификации** программ с помощью представления образовательного контента в виде набора курсов в табличной форме, представленной на Рис. 4.10, в которой строкам соответствуют основные или факультативные курсы, а столбцам треки специализации. На пересечение строк и столбцов таблицы ставится черный или белый кружок. В случае черного кружка считается, что курс должен читаться в полном объеме, в случае белого — возможно не полное покрытие тем курса.

Всего разработано **17 треков-специализаций**:

- разработчик приложений
- бизнес-аналитик
- аналитик бизнес-процессов
- аналитик технологий управления инфокоммуникациями
- администратор баз данных
- аналитик баз данных
- менеджер е-бизнеса

- ERP—специалист
- специалист по информационному аудиту и совместимости данных
- разработчик информационных технологий
- менеджер по обработке информационных ресурсов
- консультант по информационным технологиям
- менеджер операций по информационным технологиям
- менеджер по рискам и безопасности информационных технологий
- сетевой администратор
- менеджер проекта
- менеджер веб-контента

Career Track:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
Core IS Courses:																		A = Application Developer
Foundations of IS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	B = Business Analyst
Enterprise Architecture	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	C = Business Process Analyst
IS Strategy, Management and Acquisition	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	D = Database Administrator
Data and Information Management	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	E = Database Analyst
Systems Analysis & Design	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	F = e-Business Manager
IT Infrastructure	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	G = ERP Specialist
IT Project Management	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	H = Information Auditing and Compliance Specialist
																		I = IT Architect
																		J = IT Asset Manager
Elective IS Courses:																		K = IT Consultant
Application Development	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	L = IT Operations Manager
Business Process Management		●	○				○	○	○		○	●				○		M = IT Security and Risk Manager
Collaborative Computing						○									○			N = Network Administrator
Data Mining / Business Intelligence		●		●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	O = Project Manager
Enterprise Systems		●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	P = User Interface Designer
Human-Computer Interaction	●					○	○					○					●	Q = Web Content Manager
Information Search and Retrieval		○		○	○								○				●	
IT Audit and Controls	○		●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
IT Security and Risk Management	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Knowledge Management		●		○	○	○			○									
Social Informatics												○		○				

Key: ● = Significant Coverage ○ = Some Coverage Blank Cell = Not Required

Рис. 4.10. Треки подготовки бакалавров IS [70, С. 26].

4. Курсы описываются по следующей схеме:

- Краткое описание курса (Catalog description)
- Цели обучения (Learning objectives)
- Темы, составляющие курс (Topics)

— Обсуждение (Discussion).

Таким образом результаты обучения описываются в терминах целей обучения и они ассоциируются с курсами. Всего определен 161 результат, из них 95 относится к ядру IS BoK.

5. С каждым результатом обучения связывается параметр метрики глубины знаний (depth of knowledge metric). Такой уровень задается неявно с помощью глаголов, используемых для описания результата обучения. В документе представлена таблица соответствия таких глаголов и значений глубины знаний. В качестве шкалы для уровней глубины знаний используется несколько упрощенная таксономия Блума (1 — Awareness, 2 — Literacy, 3 — Concept/Use, 4 — Detailed, 5 — Advanced).

MSIS2016

MSIS2016 предоставляет компетентностную модель и руководство по разработке куррикулумов для степени магистра IS. Данный документ является совместной разработкой AIS и ACM и основывается на предыдущих стандартах куррикулумов для профиля IS.

Главной особенностью MSIS2016 является то, что в нем содержание обучения задается не с помощью спецификации свода знаний, а опосредованно через структурированную систему компетенций выпускников магистерских программ по направлению IS.

Общая структура системы компетенций MSIS2016 представлена в таблице 4.4.

Как видно из таблицы, MSIS 2016 включает девять областей компетенции по тематике информационных систем:

1. Непрерывность бизнеса и обеспечение информации
2. Управление данными, информацией и контентом
3. Архитектура предприятия
4. Этика, последствия и устойчивость
5. Инновации, организационные изменения и предпринимательство
6. Управление ИС и операции
7. Стратегия и управление ИС
8. ИТ-инфраструктура и
9. Разработка и развертывание систем.

Таблица 4.4. Структура компетенций MSIS 2016 [71, С. MSIS-v].

Specialized Competencies		
Specialized Competencies consist of additional Information Systems competencies that build on the core competencies and allow the graduates to perform more sophisticated tasks and act in more specialized professional roles.		
Areas of Information Systems Competencies	Areas of Individual Foundational Competencies	Areas of Domain Competencies
<ul style="list-style-type: none"> ● Business Continuity and Information Assurance ● Data, Information, and Content Management ● Enterprise Architecture ● Ethics, Impacts and Sustainability ● Innovation, Organizational Change and Entrepreneurship ● IS Management and Operations ● IS Strategy and Governance ● IT Infrastructure ● Systems Development and Deployment 	<ul style="list-style-type: none"> ● Critical Thinking ● Creativity ● Collaboration and Teamwork ● Ethical Analysis ● Intercultural Competency ● Leadership ● Mathematical and Statistical Competencies ● Negotiation ● Oral Communication ● Problem-solving ● Written Communication <p>Graduate competencies developed building on the foundation of competencies attained in prior studies and work/life experience</p>	Core competencies in a domain of human activity such as business, government, health care, law, a field of scientific research, etc.
Areas of Information Systems Competencies with Pre-Master's Elements		
Data, Information and Content Management IS Management and Operations	IT Infrastructure Systems Development and Deployment	
Role of Information Systems in Organizations (Foundational Understanding of IS)		

Состав областей компетенций для сферы профессиональной подготовки по тематике информационные системы и управление иллюстрируется на рис. 4.11.

Каждая область компетенций структурируется по категориям компетенций, которые потенциально могут конкретизироваться до фактических компетенций, но такой уровень рассмотрения считается для MSIS 2016 чрезмерно детальным.

Также MSIS2016 включает в себя следующие области индивидуальных основополагающих компетенций: критическое мышление, творчество, сотрудничество и совместная работа, этический анализ, межкультурная компетентность, лидерство, математические и статистические компетенции, переговоры, устная коммуникация, решение проблем и письменное общение.

Еще одной сферой компетенций являются компетенции в прикладной области, в которой предстоит работать магистрам IS. Они определяют ключевые области компетенции, связанные с областью реальной практики, на которую ориентируется конкретная магистерская программа. Это может быть сфера бизнеса, здравоохранения, права, госуправления, образования и т.п.

Таким образом определенная в MSIS2016 компетентностная модель рассматривается в качестве исходных данных для проектирования конкретных магистерских программ по направлению IS, при этом на методическом уровне рассматривается инструмент перехода от компетенций к реализуемой магистерской IS-программе.

Данный подход иллюстрируется на рис. 4.12.

Основными особенностями построения MSIS 2016 являются:

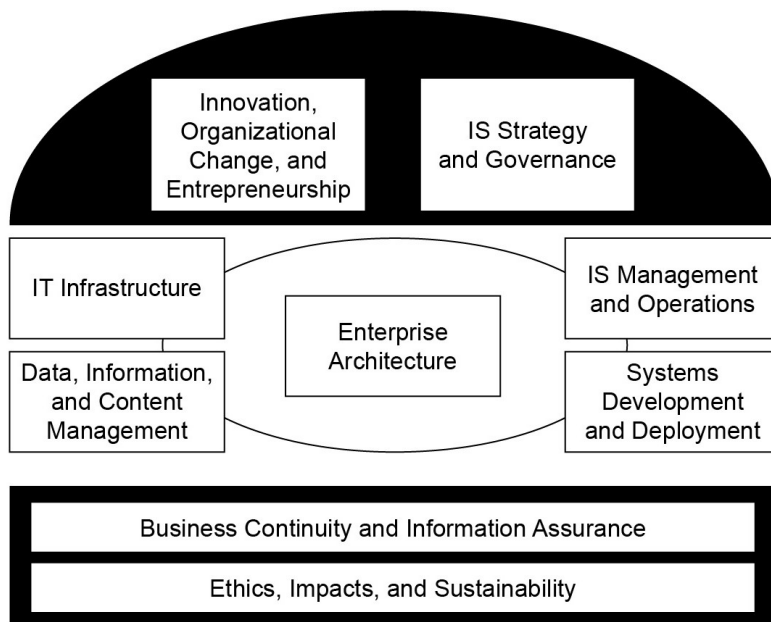


Рис. 4.11. Состав областей компетенций для сферы профессиональной подготовки по тематике информационные системы [71, С. MSIS-15].

1. Интегративный характер подготовки MSIS—магистров, направленный на интеграцию компетенций в области информационных систем, конкретной прикладной сферы деятельности и индивидуальных базовых компетенций.
2. Центральный компонент этой рекомендации содержит спецификации иерархии областей компетенции и категорий компетенций, связанных с технологическими аспектами и менеджментом в области информационных систем. Спецификация компетентностной модели двухуровневая. Сначала приводится описание областей компетенций на верхнем уровне абстракции (уровне предметных областей), а затем для каждой области компетенций в табличной форме определяются компетенции категорий с указанием минимально допустимого уровня их овладения. Всего определено 88 компетенций уровня областей для технологий и менеджмента информационных систем, которые рассматриваются как обязательные, т.е. относящиеся к ядру ВоК.

При этом компетенции категорий детализируются до 314 актуальных компетенций. Также содержится описание требуемых областей индивидуальных основополагающих компетенций (11 компетенций) и примеры областей компетенций прикладной сферы (не менее 4-х).

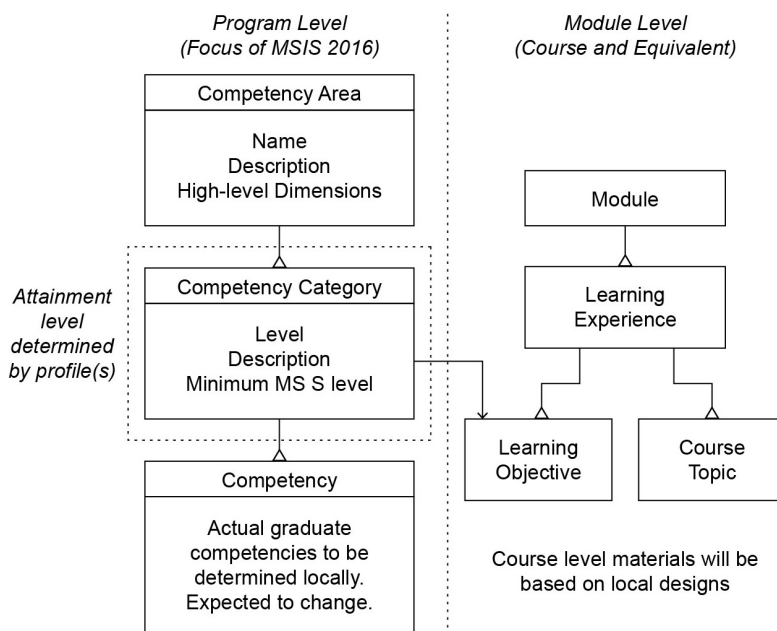


Рис. 4.12. Подход MSIS2016, предполагающий проектирование магистерских программ на основе определенной в данном документе компетентностной модели куррикулумов для направления IS [71, р. MSIS-8].

3. Определяются четыре уровня освоения выпускниками каждой компетенции категории: **осведомленность (Awareness level)**, **новичок (Novice level)**, **поддержка или роль (Supporting (role) level)** и **независимый или вкладчик (Independent (contributor) level)**. Для каждой компетенции категории минимально допустимый уровень ее освоения задается явно. Компетенции класса категорий и уровни их достижения составляют основу для определения модулей (курсов и их эквивалентов).
4. Предложена методика в виде руководства по процессу перехода от компетентностной модели MSIS2016 к реализуемой учебной программе.
5. Предложены модели целевых профессиональных профилей программ MSIS для подготовки магистров IS следующих специализаций:
 - ИТ-Консультант/Системный аналитик (IT Consultant/Systems Analyst)
 - Менеджер проектов (Project Manager Profile)
 - Аналитик (Analytics Specialist)
 - Специалист по стартапам (Start-up Entrepreneur).

4.6 Профиль Information Technology (IT)

Для профиля IT последняя редакция куррикулума это документ IT2017: Information Technology Curricula 2017.

Стандарт куррикулума IT2017 является пересмотренным вариантом куррикулума IT2008 и предназначен для разработки программ подготовки бакалавров IT (ИТ-программ) к профессиональной карьере в области ИТ или к дальнейшему академическому обучению.

В начале IT2017 делается уточнение определения самой ИТ-дисциплины как дисциплины, направленной на изучение системных подходов к выбору, разработке, применению, интеграции и администрированию безопасных вычислительных технологий, позволяющих пользователям выполнять свои личные, организационные и социальные цели.

Данный документ в отличие от большинства куррикулумов организаций АСМ и IEEE разработан на компетентностно-базированном подходе, в котором содержание и принципы обучения определяются неявно с помощью структурированной системы компетенций, а не задаются явно определением свода профессиональных знаний. Компетенции же определяют и результаты обучения необходимым навыкам, позволяющим выпускникам ИТ-программ успешно выполнять интегративные задачи, применять системные подходы к разработке и администрированию безопасных технологических решений и поддерживать пользователей для достижения конечных целей.

Также в IT2017 отражена необходимость развития личных качеств обучающихся, соответствующих трем измерениям: знаниям, навыкам и диспозиции/отношениям. В частности, в IT2017 предлагается рабочее определение понятия компетенции, как сущности, связывающей знания, навыки и диспозиции в единую категорию. Эти три взаимосвязанных измерения имеют следующие значения.

- Знание предполагает знание основных концепций и содержания ИТ, а также способность к самообучению в новых ситуациях.
- Навыки относятся к возможностям и стратегиям, которые развиваются на практике при взаимодействии с другими людьми и окружающим нас миром.
- Диспозиции охватывают социально-эмоциональные навыки, поведение и отношения, включая ответственность, адаптивность, гибкость, самонаправленность и самомотивирование, а также уверенность в себе, целостность и самоконтроль, терпимость, упорство в работе со сложными проблемами, энтузиазм, новаторство, энергичность, самозапуск, уважительность или эластичность.

Структурирование системы компетенций осуществляется посредством разбиения ее на домены, покрывающие основную сферу деятельности и знаний

выпускников профиля IT. При этом домены подразделяются на существенные (essential), являющиеся обязательными, и дополнительные (supplemental).

В состав существенных доменов включены:

1. Управление информацией (Information Management)
2. Интегрированная системная технология (Integrated Systems Technology)
3. Платформенные технологии (Platform Technologies)
4. Системные парадигмы (System Paradigms)
5. Дизайн пользовательского опыта (User Experience Design)
6. Принципы кибербезопасности (Cybersecurity Principles)
7. Глобальная профессиональная практика (Global Professional Practice)
8. Сетевые технологии (Networking)
9. Основы программного обеспечения (Software Fundamentals)
10. Веб-и мобильные системы (Web and Mobile Systems).

Существенные домены охватывают те компетенции, которыми должны овладеть все учащиеся всех IT-программ. **Существенные домены представляют собой минимально необходимый объем компетенций, которые должны входить в полную образовательную IT-программу.**

Дополнительные домены охватывают компетенции, в которых учащиеся выполняют более специализированную работу в соответствии с целями программы. Дополнительные домены дают IT-программам более ориентированный выбор и гибкость. В их состав входят:

1. Дополнительные главы кибербезопасности (Cybersecurity Emerging Challenges)
2. Социальная ответственность (Social Responsibility)
3. Прикладные сети (Applied Networks)
4. Разработка и управление ПО (Software Development and Management)
5. Мобильные приложения (Mobile Applications)
6. Облачные вычисления (Cloud Computing)
7. Масштабируемость и аналитика данных (Data Scalability and Analytics)
8. Интернет вещей (Internet of Things)
9. Виртуальные системы и сервисы (Virtual Systems and Services)

В ИТ2017 предполагается, что в реализуемых ИТ-программах примерно 40% их объема будет составлять часть, определяемая существенными доменами, 20% — дополнительными, а оставшаяся часть — доменами специализации.

Для каждого домена определяется в процентном отношении, соответствующая ему часть учебной программы. Модель программы с указанием доменных весов, выраженных в процентах, приводится на рис. 4.13.

IT Domains	Essential Percent	Supplemental Percent
Essential Only (5)		
Information Management	6%	0
Integrated Systems Technology	3%	0
Platform Technologies	1%	0
System Paradigms	6%	0
User Experience Design	3%	0
<i>Subtotal</i>	19%	0
Essential + Supplemental (5+5)		
Cybersecurity Principles / Cybersecurity Emerging Challenges	6%	4%
Global Professional Practice / Social Responsibility	3%	2%
Networking / Applied Networks	5%	4%
Software Fundamentals / Software Development and Management	4%	2%
Web and Mobile Systems / Mobile Applications	3%	3
<i>Subtotal</i>	21%	
Supplemental Only (4)		
Cloud Computing	0	4%
Data Scalability and Analytics	0	4%
Internet of Things	0	4%
Virtual Systems and Services	0	4%
<i>Subtotal</i>	0	
ИТ2017 TOTAL	40%	

Рис. 4.13. Модель ИТ-программы с указанием доменных весов, выраженных в процентах [72, С. 48].

Существенные и дополнительные домены структурируются на поддомены, при этом с каждым поддоменом ассоциируется дидактический параметр — уровень участия в обучении (level of learning engagement).

Вводятся три уровня — L1, L2 и L3, определяющие характер обучения материалу домена. Уровень L2 включает уровень L1, а уровень L3 — уровень L2, где уровень L1 соответствует первой функции модели спиральной учебной програм-

мы, а уровни L2 и L3 соответствуют второму уровню [77]. Уровень L1, используемый в поддомене, указывает на минимальную степень освоения, связанного с обучением навыкам, уровни L2 и L3 — указывают среднюю и большую степень участия в обучении.

Еще одним существенным доменом является математический. Он включает следующие поддомены:

ITM—DSC Discrete Structures

ITM-DSC-01 Perspectives and impact [L1]

ITM-DSC-02 Sets [L1]

ITM-DSC-03 Functions and relations [L1]

ITM-DSC-04 Proof techniques [L1]

ITM-DSC-05 Logic [L1]

ITM-DSC-06 Boolean algebra principles [L1]

ITM-DSC-07 Minimization [L1]

ITM-DSC-08 Graphs and trees [L2]

ITM-DSC-09 Combinatorics [L1]

ITM-DSC-10 Iteration and recursion [L1]

ITM-DSC-11 Complexity Analysis [L1]

ITM-DSC-12 Discrete information technology applications [L1].

Для описания каждого домена используется типовая конструкция, включающая следующие компоненты:

1). Заголовок, например:

ITE-CSP Domain: Cybersecurity Principles

2). Общее описание (назначение) домена или Score, например:

Score

1. A computing-based discipline involving technology, people, information, and processes to enable assured operations.
2. A focus on implementation, operation, analysis, and testing of the security of computing technologies.
3. Recognition of the interdisciplinary nature of the application of cybersecurity including aspects of law, policy, human factors, ethics, and risk management in the context of adversaries.
4. The practice of assuring information and managing risks related to the use, processing, storage, and transmission of information or data and the systems and processes used for those purposes.
5. Measures that protect and defend information and information systems by ensuring their availability, integrity, authentication, confidentiality, and non-repudiation

3). Компетенции уровня домена, например:

Competencies

A. Evaluate the purpose and function of cybersecurity technology identifying the tools and systems that reduce the risk of data breaches while enabling vital organization practices.

(*Cybersecurity functions*)

B. Implement systems, apply tools, and use concepts to minimize the risk to an organization's cyberspace to address cybersecurity threats. (*Tools and threats*)

C. Use a risk management approach for responding to and recovering from a cyber-attack on system that contains high value information and assets such as an email system. (*Response and risks*)

D. Develop policies and procedures needed to respond and remediate a cyber-attack on a credit card system and describe plan to restore functionality to the infrastructure. (*Policies and procedures*).

4). Список поддоменов с указанием уровня обучения, например:

Subdomains

ITE-CSP-01 Perspectives and impact [L1]

ITE-CSP-02 Policy goals and mechanisms [L1]

ITE-CSP-03 Security services, mechanisms, and countermeasures [L2]

ITE-CSP-04 Cyber-attacks and detection [L2]

ITE-CSP-05 High assurance systems [L2]

ITE-CSP-06 Vulnerabilities, threats, and risk [L2]

ITE-CSP-07 Anonymity systems [L1]

ITE-CSP-08 Usable security [L1]

ITE-CSP-09 Cryptography overview [L1]

ITE-CSP-10 Malware fundamentals [L1]

ITE-CSP-11 Mitigation and recovery [L1]

ITE-CSP-12 Personal information [L1]

ITE-CSP-13 Operational issues [L2]

ITE-CSP-14 Reporting requirements [L1]

В документе представлена модель учебной программы подготовки бакалавра ИТ, организованная структурно в виде гобеленовой ткани, в которой процессы изучения материала существенных доменов, изображенные прямыми магистральями, идущие слева направо, прошиваются занятиями по дополнительным доменам, образуя структуру, напоминающую структуру гобелена (*tapestry*). Такая модель иллюстрируется на рис. 4.14.

В приложении В ИТ2017 приводится развернутое описание доменов, в котором для каждого поддомена определяется список соответствующих ему компетенций.

Применение компетенции как уровня домена, так и поддомена, подразумевает ассоциацию с ней параметра когнитивности, называемого **уровнем передачи обучения**.

Шкала уровня передачи обучения включает следующие значения:

— **Объяснить (Explain)** - учащиеся объясняют суть вопроса своими словами (с поддержкой), используют подходящие аналогии; способны учить других.

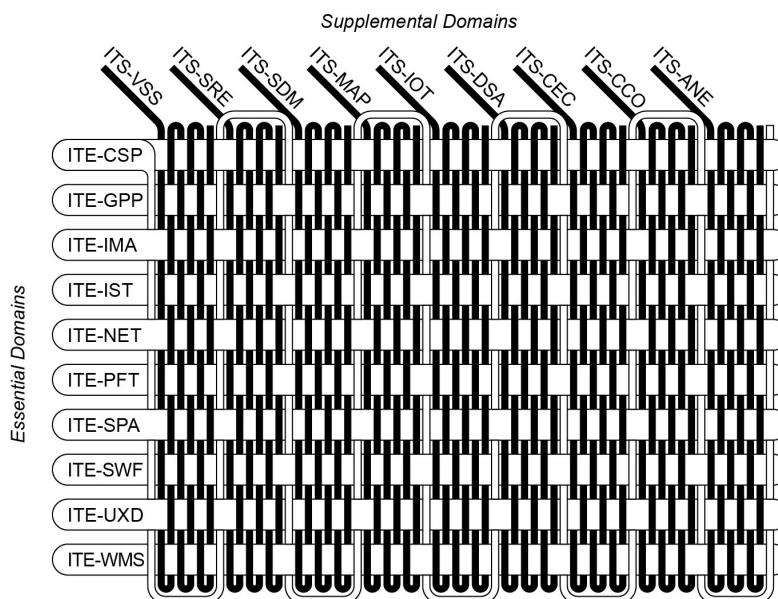


Рис. 4.14. Гобеленовая парадигма ИТ-программы [72, С. 65].

— **Интерпретировать (Interpret)** — учащиеся понимают смысл, обеспечивают раскрытие исторического или личного измерения идей, данных и событий; предоставляют убедительную и последовательную теорию.

— **Применить (Apply)** — учащиеся используют то, что они узнали, в разнообразных и уникальных ситуациях; выходят за рамки контекста, в котором они учились новым темам, курсам и ситуациям.

— **Демонстрировать перспективу (Demonstrate Perspective)** — учащиеся видят общую картину, знают и рассматривают различные точки зрения; принимают критическую и бескорыстную позицию; избегают предвзятости в том, как формулируются позиции.

— **Показывать эмпатию (Show Empathy)** — учащиеся проявляют чуткость; могут «ходить в чужой обуви», найти потенциальную ценность в том, что другие могут найти странным, чуждым или неправдоподобным.

— **Обладать самопознанием (Have Self-Knowledge)** — учащиеся демонстрируют метакогнитивную осведомленность о мотивации, уверенности, ответственности и честности; о значении нового обучения и опыта; могут признать предрассудки и привычки, которые как формируют, так и препятствуют их собственному пониманию.

Однако при описании компетенций в явном виде эта шкала не используется. Ее реализация осуществляется неявно с помощью зафиксированного списка **гла-**

голов деятельности, соответствующих по смыслу рассмотренным значениям шкалы **уровней передачи обучения**.

Основными особенностями ИТ2017 являются:

1. Основу документа составляет определение содержания образовательных программ подготовки бакалавров ИТ посредством разработки иерархической системы компетенций. Поэтому данный подход построения куррикулума назван компетентностно-базируемым. Компетенции определяются на двух уровнях абстракции: на уровне доменов (10 существенных предметных областей и 14 дополнительных; всего 80 компетенций этого уровня, включая 47 существенных) и на уровне поддоменов (модулей) — всего 164 модуля, включая 83 существенных и 12 математических), для которых определены компетенции в форме действий (Performances) — более 460 существенных (обязательных), и примерно столько же дополнительных компетенций.

2. Определяются два дидактических параметра:

- минимально допустимая часть объема общей программы, необходимая для изучения материала каждого существенного и дополнительного домена (определяется в процентном отношении по отношению к объему учебной программы);
- для каждого поддомена определяется уровень участия в обучении (level of learning engagement) — уровень L1 указывает на минимальную степень нагрузки в освоении соответствующего навыка, уровни L2 и L3 — указывают среднюю и большую степень нагрузки в обучении.

3. Для каждой компетенции подразумевается один из шести характеров-сценариев ее освоения, называемых **уровнем передачи обучения** (learning transfer) со шкалой: Explain, Interpret, Apply, Demonstrate Perspective, Show Empathy, Have Self-Knowledge.

4. В формулировках компетенций (как для доменов, так и для поддоменов) применяются глаголы деятельности (Performance verbs), что позволяет не использовать явно параметр **уровень передачи обучения**.

5. Предложена гобеленовая парадигма организации учебных ИТ-программ для обеспечения более высокой степени интегрированности и взаимосвязанности материала доменов. Также авторы документа возвращаются к концепции спирального куррикулума [77].

4.7 Профиль Cybersecurity (CSEC)

По дисциплине **CSEC** разработан документ Cybersecurity Curricula 2017. Curriculum Guidelines for Post-Secondary Degree Programs in Cybersecurity. (CSEC2017).

Формирование кибербезопасности как самостоятельной учебной дисциплины обусловлено растущей зависимостью общества от глобальной кибер-инфраструктуры и цифровой социально-экономической экосистемы, а также все возрастающей востребованностью в подготовке высококвалифицированных специалистов по целому ряду рабочих ролей, связанных с обеспечением безопасности системных операций, включая создание, эксплуатацию, защиту, анализ и тестирование защищенных компьютерных систем.

Кибербезопасность как учебная дисциплина обладает обширным и глубоким образовательным контентом, который охватывает многие области знаний, включая математику, криптографию, разработку программного обеспечения, создание компьютерных сетей, управление базами данных, веб-технологии, автоматизированные производства, умные города, а также аспекты права, политики, человеческих факторов, этики, управления рисками и т.п.

Все это привело к появлению стандартизованных на международном уровне рекомендаций по разработке программ подготовки специалистов в области кибербезопасности, а именно — Cybersecurity Curricula 2017. Curriculum Guidelines for Post-Secondary Degree Programs in Cybersecurity. (CSEC2017).

Разработка данного документа преследовала следующие цели:

- разработать всестороннее и гибкое учебное руководство по университетскому образованию в области кибербезопасности и
- создать образовательный контент, структурирующий содержание дисциплины кибербезопасности для разработки программ подготовки соответствующих кадров.

Разработка CSEC2017 JTF приводит к расширению архитектуры куррикулумов компьютеринга, введенной в CC2005, введением кибербезопасности как еще одной дисциплины компьютеринга.

Так как кибербезопасность является междисциплинарной основанной на компьютерных и информационных технологиях дисциплиной, реализация академических программ специалистов по кибербезопасности может развиваться на базе любого из профилей подготовки бакалавров компьютеринга, но при этом требуется включение в программу обучения необходимых аспектов права, политики, человеческих факторов, этики и управления рисками. Представленная на рис. 4.15 архитектура кибербезопасности отражает эти особенности.

Критериями для разработки CSEC2017 являлись:

- Фундаментом для кибербезопасности служит одно из направления компьютеринга (например, компьютерные науки или информационные системы),
- Использование кросскатегориальных концепций, пронизывающих все области знаний кибербезопасности (например, враждебность окружения в поле деятельности)

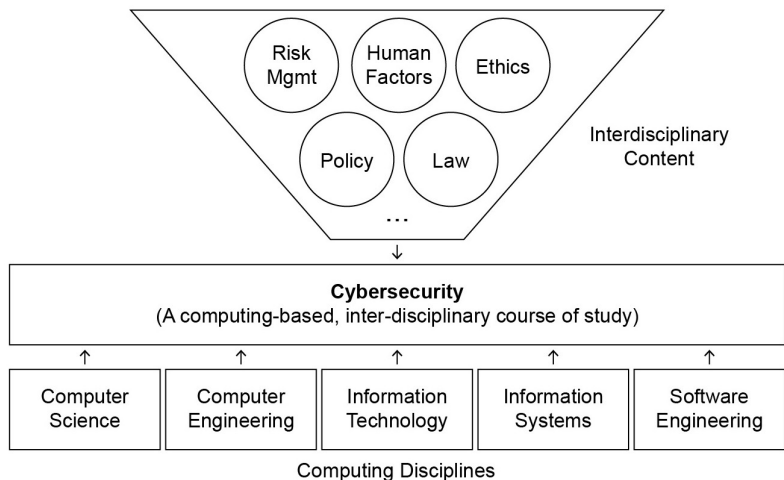


Рис. 4.15. Структура кибербезопасности как учебной дисциплины [73, С. 18].

- Создание объема знаний, содержащего наиболее существенные знания и навыки в области кибербезопасности,
- Прямая связь с диапазоном специализаций, отвечающих требованиям соответствующего сектора рынка труда.
- Акцент на этическое поведение и профессиональную ответственность.

При разработке данного документа использовалась некоторая мыслимая модель программы кибербезопасности (CSEC thought model), далее просто CSEC-модель, представленная на рис. 4.16.

Как видно из рисунка, главным компонентом CSEC-модели является объем знаний, охватывающий безопасность таких сущностей как, данные, программное обеспечение, компоненты, связь, системы, организации, общество, и построенный на основе концепций конфиденциальности, целостности, доступности, рисков, враждебного окружения, системности мышления.

Объем знаний CSEC разработан в традиционной манере. Он представляет собой трехуровневую иерархическую структуру. На верхнем уровне его организационной основой служат области знаний (Knowledge areas — KAs). В совокупности области знаний представляют собой полный объем знаний дисциплины кибербезопасности. Области знаний разбиваются на модули знаний (Knowledge units — KUs) — тематические группы, которые охватывают множество связанных тем, которые в свою очередь и описывают необходимый контент для каждого КУ.

Каждая область знаний включает ряд критически важных концептов, имеющих большое значение для всего контента кибербезопасности. Такие концепты

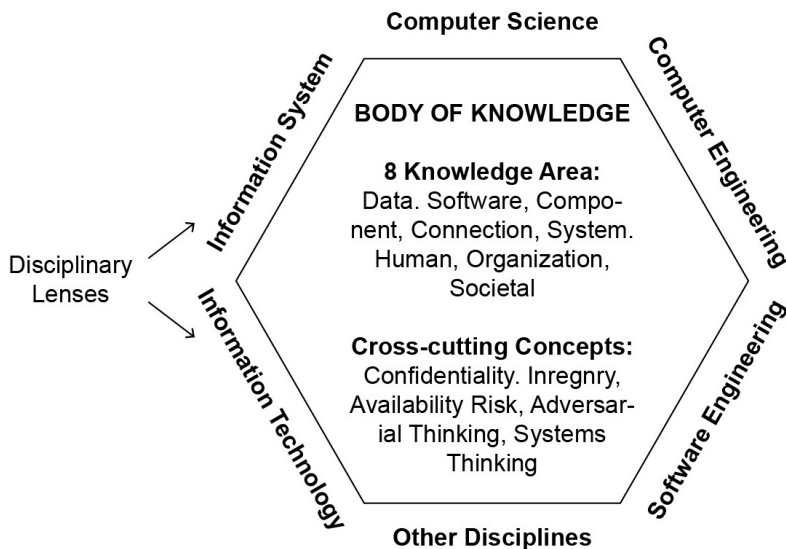


Рис. 4.16. CSEC—модель [73, С. 20].

называются **основами** или основными темами/концептами (**essentials**)/ Предполагается, что каждый учащийся должен овладеть ими независимо от направленности CSEC—программы. Всего определено 44 таких основных концептов. В реальной программе они могут реализовываться в виде модулей или тем образовательного контента.

Результаты обучения (*outcomes*) — это описание того, что студенты должны знать или уметь делать после изучения тем из областей знаний. Результаты обучения связываются с основными концептами.

Всего определено 8 областей знаний:

1. Безопасность данных (*Data Security*)
2. Безопасность программного обеспечения (*Software Security*)
3. Защита компонентов (*Component Security*)
4. Безопасность связи (*Connection Security*)
5. Системная безопасность (*System Security*)
6. Безопасность человека (*Human Security*)
7. Организационная безопасность (*Organizational Security*)
8. Социальная безопасность (*Societal Security*)

Описание всего контента кибербезопасности разбивается на описание контента для каждой области знаний. Описание же каждой области знаний задается двумя таблицами. В первой определяется список основных концептов, затем список модулей знаний, для которых указываются входящие в их состав темы, а для каждой темы дается описание ее содержания. Пример такой таблицы (ее фрагмента) для области «Безопасность данных» иллюстрируется с помощью Таб. 4.5.

Вторая таблица связывает основные концепты области знания с результатами обучения. Пример такой таблицы демонстрируется с помощью Таб. 4.6.

Таблица 4.5. Пример фрагмента описания области знаний «Безопасность данных».

Essentials — Basic cryptography concepts, — Digital forensics, — End-to-end secure communications, — Data integrity and authentication, and — Information storage security.		Основы — Основные понятия криптографии, — Цифровая криминалистика, — Сквозная безопасная связь, — Целостность данных и аутентификация; — Безопасность хранения информации.
Units (Модули)	Topics (Темы)	Описание темы (Description)
Cryptography	Basic concepts	This topic covers basic concepts in cryptography to build the base for other sections in the knowledge unit. This topic includes: <ul style="list-style-type: none"> • Encryption/decryption, sender authentication, data integrity, non-repudiation, • Attack classification (ciphertext-only, known plaintext, chosen plaintext, chosen ciphertext), • Secret key (symmetric), cryptography and publickey (asymmetric) cryptography, • Information-theoretic security (one-time pad, Shannon Theorem), and • Computational security.
	Advanced concepts	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced protocols: <ul style="list-style-type: none"> o Zero-knowledge proofs, and protocols, o Secret sharing, o Commitment, o Oblivious transfer, o Secure multiparty computation, • Advanced recent developments: fully homomorphic encryption, obfuscation, quantum cryptography, and KLJN scheme. <p>Mathematical background This topic is essential in understanding encryption algorithms. More advanced concepts may be included, if needed. This topic includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modular arithmetic, • Fermat, Euler theorems, • Primitive roots, discrete log problem, • Primality testing, factoring large integers, • Elliptic curves, lattices and hard lattice problems, • Abstract algebra, finite fields, and • Information theory.
Digital Forensics
Data Integrity and Authentication
Access Control		
Secure Communication Protocols		
Cryptanalysis		
Data Privacy		

Таблица 4.5 – Продолжение

Information Security	Storage		
----------------------	---------	--	--

Таблица 4.6. Связывание результатов обучения с концептами областей знаний.

Essentials (Основные темы)	Learning outcomes (Результаты обучения)
Basic cryptography concepts,	Describe the purpose of cryptography and list ways it is used in data communications. Describe the following terms: cipher, cryptanalysis, cryptographic algorithm, and cryptology, and describe the two basic methods (ciphers) for transforming plaintext in ciphertext. Explain how public key infrastructure supports digital signing and encryption and discuss the limitations/vulnerabilities. Discuss the dangers of inventing one's own cryptographic methods. Describe which cryptographic protocols, tools and techniques are appropriate for a given situation.
Digital forensics,	Describe what a digital investigation is, the sources of digital evidence, and the limitations of forensics. Compare and contrast variety of forensics tools.
End-to-end secure communications,	[See also <i>Connection Security KA for related content, p. 32.</i>]
Data integrity and authentication, and	Explain the concepts of authentication, authorization, access control, and data integrity. Explain the various authentication techniques and their strengths and weaknesses. Explain the various possible attacks on passwords.
Information storage security	Explain the concepts of authentication, authorization, access control, and data integrity. Explain the various authentication techniques and their strengths and weaknesses. Explain the various possible attacks on passwords.
Data erasure	Describe the various techniques for data erasure.

В CSEC2017 также рассмотрен подход к установлению взаимосвязи между результатами обучения по некоторой CSEC-программе с компетенциями (Компетенция = Knowledge, Skills, and Abilities (KSA)) рабочего места. Такой подход иллюстрируется на рис. 4.17.

Основными особенностями CSEC2017 являются:

1. Основу документа составляет определение содержания образовательных программ подготовки специалистов по кибербезопасности, а также определение результатов обучения. Объем знаний определяется традиционно в виде трехуровневой архитектуры: области знаний (Knowledge areas — KAs), модули знаний (Knowledge units — KUs), темы (topics).
2. Для каждой области знаний определяется набор критически важных концептов, имеющих принципиальное значение для формирования специалистов кибербезопасности. Такие концепты называются **основами (essentials)**, и выполняют функции ядра объема знаний — минимально необходимого объема знаний. В CSEC-программах основы могут реализовываться с помощью самостоятельных модулей или тем. Всего определено

CSEC 2017 Knowledge Structure

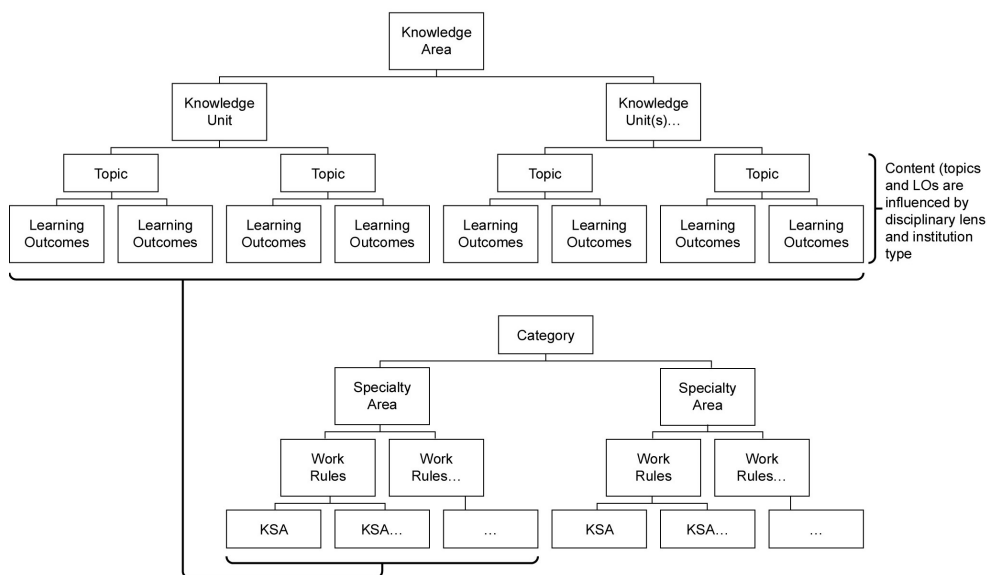


Рис. 4.17. Установление взаимосвязи между результатами обучения по некоторой CSEC-программе с компетенциями рабочего места, где под компетенцией понимается набор знаний, умений, способностей (Компетенция = Knowledge, Skills, and Abilities (KSA)) [73, С. 83].

44 концепта, для которых специфицировано около 140 обязательных результатов обучения

3. Результаты обучения в виде outcomes связываются с **essentials**.
4. Дидактические параметры не используются в явном виде.
5. Обсуждается общий подход к связыванию учебных программ с требуемыми на конкретном рабочем месте навыкам для роли, имеющей непосредственное отношение к кибербезопасности.

4.8 Профиль Data Science (DS)

Формирование нового образовательного направления «наука о данных» (DS — Data Science или Data Science and Analytics) можно связать с началом (в сентябре 2015 года) реализации европейского проекта EDISON с целью ускорения создания профессии Data Science. С начала проекта его рабочая группа разра-

ботала основополагающий фреймворк науки о данных — EDISON Data Science Framework (EDSF)³.

Несколько позже Совет по образованию ACM (в августе 2017 года) сформировал целевую группу для изучения процесса, способствующего широкому междисциплинарному диалогу по науке о данных, с разъяснением роли компьютерных дисциплин, вносящих вклад в эту новую область. Итогом этой деятельности стал опытный проект компетентностной модели для бакалаврских программ по DS⁴.

Опубликованный ACM проект компетенций, находящийся в стадии своего развития, в настоящий момент определяет следующий состав предметных областей/подобластей для куррикулумов бакалаврских программ:

- Computing Fundamentals: Programming (Основы компьютеринга: программирование)
- Computing Fundamentals: Data Structures (Основы компьютеринга: структуры данных)
- Computing Fundamentals: Algorithms (Основы компьютеринга: алгоритмы)
- Computing Fundamentals: Software Engineering (Основы компьютеринга: разработка программного обеспечения)
- Data Acquisition and Governance (Сбор данных и управление)
- Data Management (Управление данными)
- Data Privacy, Security, and Integrity: Privacy (Конфиденциальность, безопасность и целостность данных: конфиденциальность)
- Data Privacy, Security, and Integrity: Security (Конфиденциальность, безопасность и целостность данных: безопасность)
- Data Privacy, Security, and Integrity: Integrity (Конфиденциальность, безопасность и целостность данных: целостность)
- Machine Learning (Машинное обучение)
- Data Mining (Интеллектуальный анализ данных)
- Big Data: Problems of Scale (Большие данные: проблемы масштаба)
- Big Data: Complexity Theory (Большие данные: теория сложности)

³ *Demchenko Yu., Belloum A., Wiktorski T.* EDISON Data Science Framework: Part 1. Data Science Competence Framework (CF-DS) Release 1. Zenodo, 2016. doi: 10.5281/zenodo.167585

⁴ *Danyluk A., Leidig P., Cassel L., Servin C.* ACM Task Force on Data Science Education: Draft Report and Opportunity for Feedback. In Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE'19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2019. Pp. 496–497. doi: 10.1145/3287324.3287522

- Big Data: Sampling and Filtering (Большие данные: выборка и фильтрация)
- Big Data: Concurrency and Parallelism (Большие данные: параллелизм и параллелизм)
- Analysis and Presentation (Анализ и презентация)
- Professionalism: Continuing Professional Development (Профессионализм: постоянное профессиональное развитие)
- Professionalism: Communication (Профессионализм: общение)
- Professionalism: Teamwork (Профессионализм: работа в команде)
- Professionalism: Economic considerations (Профессионализм: экономические соображения)
- Professionalism: Privacy and Confidentiality (Профессионализм: конфиденциальность и конфиденциальность)
- Professionalism: Ethical Issues (Профессионализм: этические проблемы)
- Professionalism: Legal Considerations (Профессионализм: правовые аспекты)
- Professionalism: Intellectual Property (Профессионализм: интеллектуальная собственность)
- Professionalism: Change Management (Профессионализм: управление изменениями)
- Professionalism: On Automation (Профессионализм: оба автоматизации),

для которых определены 116 требований к результатам освоения в терминах компетенций, аналогично IT2017.

Основным методологическим решением проекта EDISON, как отмечалось выше, стал фреймворк EDSF, который определил основу для разработки других компонентов методического обеспечения нового профессионального направления, предназначенных для создания образовательных программ подготовки соответствующих специалистов, описания ролей и навыков этой новой специальности, для организации профессиональной сертификации и пр.

Основными методическими решениями, разрабатываемыми на основе EDSF, являются:

- CF-DS — Data Science Competence Framework — фреймворк компетенций науки о данных.
- DS-BoK — Data Science Body of Knowledge — свод знаний области науки о данных.

- MC-DS — Data Science Model Curriculum — модель куррикулума науки о данных.
- DSPP — Data Science — Data Science Professional profiles and occupations taxonomy — Профессиональные профили и таксономия должностей/ролей.
- Data Science Taxonomy and Scientific Disciplines Classification — Таксономия и классификация научных дисциплин.

Также на основе EDSF разрабатываются и другие компоненты экосистемы Науки о данных, включая:

- EDISON Online Education Environment (EOEE) — EDISON Интернет Образовательная среда.
- Education and Training Directory and Marketplace — Каталог образования и обучения.
- Data Science Community Portal (CP) — Портал сообщества Науки о данных, который также включает в себя инструменты для сравнительного анализа отдельных компетенций, средства построения персонализированной учебной траектории.
- Certification Framework for core Data Science competences and professional profiles — Фреймворк сертификации компетенций ядра науки о данных и профессиональных профилей.

В целом нельзя не отметить масштабность и системность данного проекта, в рамках которого на единой методологической основе (EDSF) создаются основополагающие методические решения и инструменты экосистемы нового научного направления.

Однако, стоит заметить, что практически все документы находятся в активной фазе формирования.

Наибольший интерес для исследуемой темы в данной главе представляет DS-BoK — свод знаний науки о данных [75], для которого исходным документом послужила компетентностная модель проекта EDISON, описанная в фреймворке Data Science Competence Framework (CF-DS)⁵.

Кратко рассмотрим основные положения CF-DS.

В этом документе компетенция трактуется как собирательное понятие (по сути, это профессиональная компетентность в чем-то) объединяющее знания, навыки и другие профессиональные аспекты, позволяющие решать профессиональные задачи для заданного уровня ответственности.

В CF-DS все компетенции подразделяются на три ключевые области, каждая из которых включает ряд соответствующих ей компетенций:

⁵ Data Science Competence Framework. D2D CRC Ltd, Australia, 2017. URL: https://uploads-ssl.webflow.com/5cd23e823ab9b1f01f815a54/5d0076903a1e4f6bb45ea50b_Data_Science_Competency_Framework.pdf

- Жизненный цикл решений для анализа данных (Data analytics solution life cycle) — объединяет те компетенции, которые связаны с обработкой и управлением проектами данных, с жизненным циклом данных;
- Технические компетенции — включает в себя компетенции, относящиеся конкретно к большим данным, технологиям и инструментам;
- Ядро (Core) — определяет связанные с наукой о данных аспекты организационного плана, такие, как, например, управление проектами.

В CF-DS определены три профессиональных профиля (роли), связанных с наукой о данных

- ученый в области данных (DATA SCIENTIST)
- аналитик в области данных (DATA ANALYST)
- инженер данных (DATA ENGINEER)

Компетенции рассматриваются по определенным выше трем областям отдельно для каждого из этих профессиональных профилей.

Описание компетенций для профилей зависит также от уровня ответственности выполняемой работы. В таксономии уровней ответственности SFIA (см. Главу 2) для профилей профессии науки о данных определены уровни 3, 4, 5, 6 и 7.

Еще одним уровнем измерения описаний компетенций в CF-DS служит класс выполняемых работ.

Так, например, для области компетенций «Жизненный цикл решений для анализа данных» выполняемые работы разбиты по этапам жизненного цикла данных на следующие классы:

- анализ бизнеса (business understanding)
- анализ данных (data understanding)
- подготовка данных (data preparation)
- моделирование (modelling)
- тестирование и испытания (test & validate)
- внедрение (deployment)
- коммуникация осмысления (communication of insights)
- продолжающаяся оценка (ongoing assesment).

Таким образом, для каждого из этих классов работ, для каждого профессионального профиля, для каждого допустимого уровня ответственности профиля в CF-DS приводятся определения компетенций, т.е. массивы определений компетенций для областей компетенций имеют размерность три.

Теперь рассмотрим сам DS-BoK, который предполагается использовать в качестве основы для определения учебных программ, связанных с наукой о данных, курсов, методик обучения, учебных материалов, а также необходимых практик для программ последиplomного и университетского обучения и курсов профессиональной подготовки. DS-BoK также предназначен для определения программ сертификации и вопросов сертификационных экзаменов. DS-BoK может служить и основой для вопросов интервью и оценки знаний кандидата и связанных с ним навыков.

В соответствии с определением групп компетенций в CF-DS, а также учитывая сложность свода знаний для науки о данных, в DS-BoK введена более глубокая структуризация всего свода знаний. В рассматриваемых выше в данной главе сводах знаний верхний уровень иерархии этих сводов составляли предметные области (areas). В DS-BoK свод знаний сначала разбивается на группы предметных областей знаний (Knowledge Area groups — KAG), которые затем разбиваются на области знаний. Всего определено шесть групп знаний:

- KAG1-DSDA: группа аналитика данных (Data Analytics), включающая машинное обучение, статистические методы и бизнес-аналитику.
- KAG2-DSENG: группа инженерии данных (Data Science Engineering), включающая разработку программного обеспечения и инфраструктуры.
- KAG3-DSDM: группа управления данными (Data Management), включающая в себя обработку данных, сохранение и инфраструктуру данных.
- KAG4-DSRMP: методы исследования и управление проектами (Research Methods and Project Management).
- KAG5-DSBA: группа бизнес-аналитики (Business Analytics), которая представляет собой одну из наиболее активных областей деятельности, представляемых Data Science.
- KAG * -DSDK: проблемно-ориентированная группа знаний, включающая знания конкретной прикладной области.

Далее в DS-BoK последовательно осуществляется структуризация разделов знаний.

Так, например, на втором уровне иерархии группа KAG1 (Аналитика данных) разбивается на следующие области:

- KA01.01 (DSDA.01/SMA) — Статистические методы, включая описательную статистику, исследовательский анализ данных (EDA), сфокусированный на обнаружении новых функций в данных, и подтверждающий анализ данных (CDA), относящийся к проверке сформулированных гипотез.

- KA01.02 (DSDA.02/ML) — Машинное обучение и связанные с ним методы для поиска информации, распознавания изображений, поддержки принятия решений, классификации.
- KA01.03 (DSDA.03/DM) — Интеллектуальный анализ данных — это особый метод анализа данных, который фокусируется на моделировании и обнаружении знаний в целях прогнозирования,
- KA01.04 (DSDA.04/TDM) — Анализ текста с применением статистических, лингвистических и структурных методов для извлечения и классификации информации из текстовых источников, разновидности неструктурированных данных;
- KA01.05 (DSDA.05/PA) — Прогнозная аналитика фокусируется на применении статистических моделей для решения задач прогнозирования или классификации.
- KA01.06 (DSDA.06/BA) — Бизнес-аналитика и интеллектуальный анализ, охватывает анализ данных, который в значительной степени опирается на агрегацию и различные источники данных, и фокусируется на деловой информации.
- KA01.07 (DSDA.07/MSO) — Компьютерное моделирование, симуляция и оптимизация.

При детализации других групп областей DS-BoK широко используются области знаний, определенные в широко известных сводах (объемах) профессиональных знаний, таких, как: CS-BoK, SWEBOOK, DMBOK, PM-BoK и др., которые уже упоминались в Главе 2.

Всего на данном этапе развития DS-BoK в нем определены 23 предметные области, которые затем разукрупняются на модули знаний (units), всего 170 модуля.

В приложении приведен список компетенций высокого уровня для пяти профессиональных профилей (Аналитика данных (DSDA), Инженерия данных (DSENG), Управление данными (DSDM), Методы исследования и управления проектами (DSRM), Прикладная аналитики (DSBA)) общим числом 35.

В целом по глубине проработки DS-BoK пока уступает рассмотренным ранее документам и следует ждать его дальнейшего развития.

4.9 Обзор анализа куррикулумов

В этом разделе проведем сравнительный анализ всех рассмотренных выше куррикулумов направлений подготовки в области ИТ, за исключением последнего документа — DS-BoK (по причине активного формирования в настоящее время документов, связанных с направлением Data Science, и необходимостью согласования подходов групп ЕС и ACM по данному направлению).

1. Важнейшим компонентом куррикулумов является описание образовательного контента в виде свода (объема) знаний или ВоК (Body of Knowledge). Возможны следующие решения:

— **непосредственное построения ВоК, как правило, в виде иерархической структуры — области, модули, темы:**

CS2013, CE2016, IS2010, MSIS2006, GSwE2009, SE2014, CSEC2017.

— **неявное определение ВоК через описание компетенций (компетентностно-базируемый подход):**

MSIS2016, IT2017.

2. Также важной задачей является определение ядра ВоК (CoreVoK — CBoK):

— **непосредственное построения ВоК:**

— на уровне областей — CSEC2017 (основы, критически важные темы областей)

— на уровне курсов — IS2010, темы курсов

— на уровне модулей — GSwE2009

— на уровне тем — CS2013, CE2016,

— **неявное через описание компетенций (компетентностно-базируемый подход):**

MSIS2016 (компетенции категорий областей, входящих в ядро — 88), IT2017 (существенные домены компетенций),

3. Определение целей обучения:

— в виде результатов обучения — SE2014 (на уровне тем), CE2016 (для каждой темы), GSwE2009 (уровень программы)

— в виде целей обучения — IS2010 (на уровне курсов), MSIS2006 (на уровне курсов), CS2013 (на уровне модулей),

— в виде компетенций — MSIS2016 (на уровне категорий областей), IT2017 (на уровне доменов и поддоменов).

4. Дидактические параметры:

— минимальный объем учебной нагрузки, необходимый для изучения материала дидактической единицы образовательного контента (области/домена, модуля/поддомена, темы);

— часы, кредиты, проценты от общего объема учебной программы (Didactic Element Volume — DEV);

— уровень участия в обучении (level of learning engagement или LLE) — интенсивность обучения дидактической единицы;

— уровень обучения, уровень когнитивности или уровень передачи обучения (learning transfer).

В Таб. 4.7 отражены основные свойства рассмотренных выше стандартов куррикулумов в области ИТ.

Таблица 4.7. Сравнительный анализ куррикулумов.

Куррикулум	Свод знаний (BoK)	Ядро свода знаний (Core BoK)	Результаты обучения (Outcomes)	Дидактические параметры (parameters)
CS2013	CSBoK — иерархическая структура: — области (areas) — модули (units), — темы (topics), — подтемы (subtopics) Всего 18 areas, 163 модуля	Core BoK — примерно 300 (280-308) контактных часов, определяются на уровне модулей. Используется двухуровневый механизм формирования ядра	Результаты обучения (Learning outcomes) определяются явно, привязаны к модулям знаний, всего 1111 результатов обучения, из них 562 относятся к модулям ядра. Модули и темы помечаются как принадлежащие к ядру или как факультативные (Electives)	1. Минимальное количество часов для изучения части ядра, относящейся к ядру. Параметр модуля. 2. С каждой записью результата обучения явно связывается уровень мастерства (упрощенная модель Блума): Familiarity, Usage, Assessment. 3. Признак наличия в модуле тем по выбору
CE2016 :	BoK — иерархическая структура: — области (areas) — модули (units), — learning outcomes. Всего 12 areas плюс 4 математические, 135 модуля плюс 37 математических модулей	Core BoK 420 плюс 120 — математика	Результаты обучения (learning outcomes) определяются при описании модулей как обязательные (относящиеся к ядру) или как дополнительные (elective). Всего результатов обучения, относящихся только к профессиональным областям около 1000 (923), из них 754 относятся в ядру CEBoK.	Уровень обучения (levels of learning) для результатов обучения определяется неявно семантикой используемых глаголов. Подразумевается в качестве исходной таксономия Блума
SE2014	Свод знаний — Software Engineering Education Knowledge (SEEK). Архитектура SEEK — трехуровневая иерархическая структура: области (area — disciplinary subfields), модули (units), темы (topics). Всего — 10 областей, 37 модулей, 213 тем	Ядро определяется набором существенных тем (essentials), которые помечаются признаком (E — Essential). Темы, не помеченные как E, считаются желательными (D — Desirable). Общий объем почасовой нагрузки для изучения материала ядра SEEK составляет 467 часов	Expected Student Outcomes — Результаты обучения определяются с помощью самих тем посредством указания для каждой темы минимального уровня когнитивности навыка, соответствующего теме. Определено 213 тем.	Шкала уровней когнитивности является упрощенной моделью таксономии Блума и включает три значения: k (Knowledge), c (Comprehension), a (Application). для каждой темы указывается является ли она обязательной (Essential — E) или желаемой (Desirable — D), а также с указанием минимального уровня когнитивности. Лекционные часы указываются для модулей

Таблица 4.7 – Продолжение

Куррикулум	Свод знаний (BoK)	Ядро свода знаний (Core BoK)	Результаты обучения (Outcomes)	Дидактические параметры (parametres)
GSwE2009	Объем знаний GSwE2009 (и соответственно CBoK) построен в виде трехуровневой иерархической системы структурных элементов включающей: — предметные области (11 областей), — модули знаний (53 модуля), — темы (более 200)	Принадлежность дидактической единицы (области/модуля) к ядру указывается как для областей (в этом случае все модули области считаются входящими в ядро), так и для модулей. Объем ядра оценивается в 200 лекционных часов, что соответствует 5 семестровым курсам. В ядро входит значительная часть материала SWEBOK	Определены 10 Outcomes высокого уровня. Уровень освоения учебного материала определяется для каждого модуля. Конечными результатами служат темы с дидактическим параметром — (более 200 тем)	С каждым модулем связан параметр, определяющий уровень освоения материала модуля. Используется упрощенная таксономия Блума: • Знание (K) • Понимание (C) • Приложение (AP) • Анализ (AN) Для модулей используется признак SYS, указывающий принадлежность тем модуля к ядру
IS2010	Свод знаний IS BoK, описанный в Приложении 4 строится традиционно в виде трехуровневой иерархии: — области (areas), — модули знаний (units), — темы/подтемы (topics/subtopics). IS BoK содержит 20 областей разбитых на 4 категории. Вводится структурная модель куррикулума, состоящая из 7 основных курсов (курсов ядра — core sources) и 7 курсов по выбору (elective sources), которые включают темы/подтемы свода знаний и результаты обучения	Ядро состоит из тем курсов ядра (core sources). Объем — 280 часов.	Результаты обучения описываются в терминах целей обучения (Learning objectives) и они ассоциируются с курсами Всего определен 161 результат, из них 95 относится к ядру IS BoK	С каждым результатом обучения связывается параметр метрики глубины знаний (depth of knowledge metric). Такой уровень задается неявно с помощью глаголов, используемых для описания результата обучения. В документе представлена таблица соответствия таких глаголов и значений глубины знаний. В качестве шкалы для уровней используется несколько упрощенная таксономия Блума (1 — Awareness, 2 — Literacy, 3-Concept/Use, 4 Detailed, 5 Advanced — 6)

Таблица 4.7 – Продолжение

Куррикулум	Свод знаний (BoK)	Ядро свода знаний (Core BoK)	Результаты обучения (Outcomes)	Дидактические параметры (parametres)
MSIS2016	Содержание обучения задается опосредованно через структурированную систему компетенций выпускников магистерских программ по направлению IS: — области компетенций, — категории компетенции	Все 88 компетенций уровня категорий относятся к ядру MSIS, поэтому все MSIS-программы должны обеспечить достижение выпускниками достичь их, по крайней мере, на уровне осведомленности	Спецификация компетенций — двухуровневая: — на уровне областей компетенций — на уровне категорий областей компетенций, всего определено 88 компетенций этого уровня для сферы IS. компетенции категорий детализируются до 314 компетенций	Определяются четыре уровня освоения выпускниками каждой компетенции категорий: осведомленность (Awareness level), новичок (Novice level), поддержка или роль (Supporting (role) level) и независимый или вкладчик (Independent (contributor) level) . Для каждой компетенции категории минимально допустимый уровень ее освоения задается явно
IT2017	Определение BoK неявное через иерархическую систему компетенций. Определены 10 существенных (essential), т.е. обязательных, доменов и 14 дополнительных (Supplemental) доменов компетенций плюя математический домен	Ядро определяется содержанием существенных (essential) доменов компетенций, определяющие компетенции, которые должен получить выпускник. Определено 10 существенных доменов. Объем материала ядра оценивается в 15% от всей бакалаврской программы (18 американских кредитов)	Результаты обучения определяются в виде компетенций на двух уровнях: на уровне доменов (предметных областей) и на уровне поддоменов (подобластей или модулей). Всего 80 компетенций уровня доменов, включая 47 существенных), а на уровне поддоменов, которых всего 164, включая 83 существенных и 12 математических) более 460 компетенций в форме действий (Performances), и примерно столько же дополнительных компетенций	Определяются два дидактических параметра: 1. DEV — в процентном отношении ко всему BoK, для существенных и дополнительных доменов. 2. LLE: уровни L1, L2 и L3. Используются для поддоменов. 3. Каждой компетенции соответствует один из шести уровней передачи обучения (learning transfer): Explain, Interpret, Apply, Demonstrate Perspective, Show Empathy, Have Self-Knowledge . 4. Уровни передачи обучения определяются неявно через глаголы деятельности (Performance verbs)

Таблица 4.7 – Продолжение

Куррикулум	Свод знаний (ВоК)	Ядро свода знаний (Core ВоК)	Результаты обучения (Outcomes)	Дидактические параметры (parametres)
CSEC2017	CSEC ВоК имеет традиционную трехуровневую иерархическую структуру: области знаний (Knowledge areas — KAs)-модули знаний (Knowledge units — KUs) — темы (topics). тематические группы, которые охватывают множество связанных тем, которые и описывают необходимый контент для каждого KU. Всего определено 8 предметных областей	Каждая область включает ряд критически важных тем, называемых основами (essentials) , формирующими ядро контента CSEC— программы. Всего определено 44 таких основ.	Результаты обучения в форме outcomes, относятся к основам областей. Всего определено для 44 основ около 140 обязательных результатов обучения	Дидактические параметры не используются

Ниже приведена таблица (Таб. 4.8), построенная на основе проделанного выше анализа куррикулумов, в которой отражены уровни абстракции и формы определения результатов обучения/компетенций.

Таблица 4.8. Сравнительный анализ куррикулумов.

Curricula	Program Objectives (Expected Characteristics)	Area (Domens), Learning outcomes	Unit (subdomebs, Courses, competence categories) Learning outcomes	Topic Learning outcomes	CORE
Computer Science 2013 (CS2013)	Characteristics (competences) of Graduates — 11		1111 (core — 562)		280-308
Computer Engineering 2016 (CE2016)	Characteristics of computer engineering graduates — 6+		923 (core — 754)		420+ 120 — Math
Software Engineering 2014 (SE2014)	Expected Student Outcomes — 7		213 (темы с параметром уровня обучения)		467 часов
Graduate Software Engineering 2009 (GSWE2009)	Expected Outcomes — 10		более 200 (темы с уровнем обучения)		200
Information Systems 2010 (IS2010)	Outcome Expectations for Information Systems Graduates — 7+		Всего определена 161 цель обучения, из них 95 относится к ядру IS ВоК. Цели обучения ассоциированы с курсами		280

Таблица 4.8 – Продолжение

Curricula	Program Objectives (Expected Characteristics)	Area (Domains), Learning outcomes	Unit (subdomains, Courses, competence categories) Learning outcomes	Topic Learning outcomes	CORE
Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems (MSIS2016)		32 компетенции на уровне областей компетенций	88 компетенций уровня категорий, детализируются до 314 актуальных компетенций		
Information Technology. Curricula 2017 (IT2017)	Educational outcomes that define the IT graduate profile 6	80 компетенций уровня competency areas, включая 47 существенных	на уровне под-доменов (всего 164, включая 83 существенных и 12 математических), определены компетенции в форме действий (Performances) — более 460 существенных (обязательных), и примерно столько же дополнительных компетенций.		Примерно 40% основных доменов (48 американских кредитов) по отношению к объему всей учебной ИТ-программы (20% — дополнительных ИТ-доменов, а остальные 40% — факультативы учебного учреждения).
Cybersecurity. Curricula 2017 (CSEC2017)			Результаты обучения в форме outcomes. Всего определено около 140 обязательных результатов обучения, связанных с основами областей (essentials - 44)		Определены основы областей (essentials) в количестве 44

4.10 Целевая модель куррикулума и учебной программы

Проведенный выше анализ актуальных куррикулумов показывает, что для учебной программы ее семантической характеристикой, определяющей назначение программы, и, соответствующего ей образовательного ресурса (о которых пойдет речь в следующей главе), является список результатов обучения, определяющий как целевую функцию, так и непосредственно или косвенно семантику образовательного контента. Как видно из таблицы 4.8, результаты обучения могут определяться на разных уровнях абстракции описания учебной программы, а именно:

1. На уровне самой программы, как, например, в куррикулумах: CS2013 (Characteristics (competences) of Graduates), CE2016 (Characteristics of computer

engineering graduates), SE2014 (Expected Student Outcomes), GSwE2009 (Expected Outcomes), IS2010 (Outcome Expectations for Information Systems Graduates), IT2017 (Educational outcomes that define the IT graduate profile).

На этом уровне результаты обучения определяются в виде выходных характеристик (компетенций), ожидаемых исходящих требований к выпускникам программ, ожидаемых результатов обучения.

Список спецификаций таких характеристик будем называть **общей целевой моделью программы или моделью уровня 1 (ML1)**.

2. На уровне предметных областей знаний (areas), или курсов (courses), или доменов компетенций (при компетентностном подходе), как, например, в куррикулумах: MSIS2016 (Competencies in the area — High-level area dimensions; определено 32 компетенции), IT2017 (Competencies domains; определено 80 компетенций, 43 из которых существенные).

Список спецификаций целей обучения на этом уровне будем называть **предметной или доменной целевой моделью программы или моделью уровня 2 (ML2)**.

3. На уровне модулей знаний, или поддоменов компетенций (категорий компетенций), как, например, в куррикулумах: CS2013 (1111 результатов, из них 562 обязательных), SE2016 (923, из них 754 обязательных), SE2014 (213 темы-цели обучения), GSwE2009 (более 200 тем-целей с уровнем обучения), IS2010 (161 цель обучения, из них 95 относятся к ядру), MSIS2016 (более 300 актуальных компетенций), IT2017 (более 460 существенных (обязательных), и примерно столько же дополнительных компетенций).

Список спецификаций целей обучения на этом уровне будем называть **модульной целевой моделью программы или моделью уровня 3 (ML3)**.

ML3 будем также называть базовой моделью, так как именно она содержит описание актуальных результатов обучения или компетенций.

Таким образом, полным целевым семантическим описанием учебного ресурса (в частности учебной программы, учебного модуля, учебного курса) является набор целевых моделей программы всех определенных выше уровней. В этом случае будем говорить, что определена **полная целевая модель (ПЦМ)** учебной программы, т.е. **ПЦМ=<ML1, ML2, ML3>**.

Глава 5

Описание и классификация образовательных программ и ресурсов в СРЦН

Основными средствами развития цифровых навыков являются инструменты и ресурсы системы ИТ-образования. Примерами инструментов образования служат:

- национальные системы образования, система высшего образования, образовательные учреждения;
- образовательные и учебные программы (например, программы подготовки бакалавров или магистров по компьютерным наукам), программы дополнительного образования для специализированной подготовки конкретным навыкам;
- учебные модули и курсы (например, массовые открытые онлайн-курсы (МООК), учебно-методические разработки практикумов и лабораторных работ и т.п.);
- образовательные деятельности и учебные процессы дополнительного образования, ориентированные на подготовку востребованных цифровых навыков и реализуемые различными способами, например: обучение в кампусе, дистанционное, сетевое, самостоятельное;
- правовые и нормативно-методические материалы, включая образовательные стандарты, регламентирующие те или иные стороны образовательной деятельности.

В данной главе рассмотрены методы классификации инструментов и ресурсов образования, которые могут использоваться при создании фондов образовательных ресурсов для их применения в интересах развития цифровых навыков с требуемым уровнем компетентности и знаниями.

Сначала рассмотрим наиболее известные классификаторы, применяемые в образовательной деятельности.

5.1 Международная стандартная классификация образования (МСКО)

Назначение МСКО 2011

Классификация МСКО 2011 [78] была принята на 36-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО в ноябре 2011 года. Она определяет классификацию образовательных систем для сбора и представления статистических данных в области образования, как на национальном, так и на международном уровнях.

В МСКО 2011 содержатся усовершенствованные определения типов образования и уточняется их применение в контексте МСКО. К существующей классификации уровней образования по сравнению с предыдущей версией МСКО были добавлены новые категории, что было обусловлено развитием системы образования детей младшего возраста и реструктурированием системы третичного образования (высшего). Также в данную версию документа введены: образовательные квалификации в качестве статистической единицы, соответствующей определенной образовательной программе; трёхзначная схема кодирования, применяемая для обозначения уровней образовательных программ и уровней полученного образования.

МСКО является частью Международной системы социальных и экономических классификаций Организации Объединенных Наций, применяемых для сбора и анализа сопоставимых на международном уровне данных и их статистической обработки. МСКО следует рассматривать как руководство по классификации образовательных программ и соответствующих квалификаций по уровням и областям образования в соответствии с согласованными на международном уровне категориями. Основные положения и определения МСКО предназначены для международного применения и охвата всего спектра систем образования.

МСКО классифицирует образовательные программы по их содержанию с использованием двух основных сквозных классификационных переменных:

- уровней образования и
- областей образования.

В рамках уровней МСКО программы и квалификации классифицируются далее по дополнительным параметрам. К ним относятся:

- ориентация программы (общая, профессиональная);
- завершение уровня МСКО;
- доступ к более высоким уровням МСКО;
- положение в национальной системе степеней и квалификаций.

МСКО 2011 состоит из трех компонентов:

- (i) согласованных на международном уровне положений и определений;
- (ii) системы классификации;

(iii) классификации национальных образовательных программ в соответствии с МСКО и соответствующих квалификаций в странах мира.

Исходной единицей классификации МСКО является национальная (и субнациональная) образовательная программа и соответствующие признанные образовательные квалификации.

Сначала рассмотрим введенные в МСКО базовые определения, взятые за основу и в данной работе.

Определения МСКО 2011

Образовательная программа — единый комплекс или последовательность образовательных мероприятий, спланированных и организованных для достижения заранее поставленных **целей обучения** или конкретных образовательных задач в течение непрерывного (продолжительного) периода времени.

Цели обучения заключаются в совершенствовании знаний, навыков и компетенций в рамках личного, гражданского, общественного и/или производственного контекста. Общей характеристикой образовательной программы является то, что, по достижении целей обучения или после выполнения образовательных задач, выдается документ, подтверждающий успешное ее завершение.

Обучение. Индивидуальное освоение, приобретение, усвоение или трансформация информации, знаний, понимания, мироощущений, ценностей, навыков, компетенций и поведения через инструкции, изучение, опыт и практику.

Образовательная деятельность — целенаправленная деятельность, включающая некоторую форму коммуникации, направленную на обучение. В рамках образовательной программы образовательная деятельность может быть сгруппирована по подкомпонентам, которые в различных национальных контекстах описываются как «курсы», «модули», «разделы» и/или «предметы». Программа может включать составные части, такие, как, например, деятельность на основе игр, практические занятия, научно-исследовательские проекты, подготовка диссертации.

Образование. Процессы, посредством которых общество целенаправленно передает накопленные знания, понимание, мироощущения, ценности, навыки, компетенции и модели поведения из поколения в поколение. Этот процесс включает **коммуникацию** с целью обучения.

Коммуникация — взаимодействие двух или нескольких лиц или неодушевленного посредника и людей, включенных в процесс передачи информации (сообщений, идей, знания, принципов и т.д.). Коммуникация может быть вербальной и невербальной, непосредственной/личной, опосредованной/на расстоянии и может осуществляться посредством привлечения разнообразных средств и каналов общения.

Формальное образование — это институционализированное, целенаправленное, спланированное при участии государственных организаций и признанных государством частных организаций образование, что в целом составляет систему формального образования страны.

Неформальное образование — образование, которое институционализировано, целенаправленно и спланировано лицом или организацией, обеспечивающей предоставление образовательных услуг. Определяющей характеристикой неформального образования является то, что оно является дополнением и/или альтернативой формального образования в обучении в течение всей жизни индивидуума. Неформальное образование может охватывать программы по ликвидации неграмотности взрослых и молодежи и программы для детей, не посещающих школу, а также программы по развитию жизненных и трудовых навыков, программы, направленные на социальное и культурное развитие.

Квалификация — официальное подтверждение, обычно документом, успешного завершения образовательной программы или этапа программы. Термин «квалификация» в МСКО является синонимом термина «аттестат» об образовании. Другие термины, такие как «сертификат», «степень» или «диплом» - это типы квалификации, и они являются синонимичными друг другу в контексте МСКО.

Общее образование (школьное) — образовательные программы, направленные на расширение общих знаний, навыков и компетенций учащихся, а также на развитие навыков чтения, письма и счета, в частности, для подготовки учащихся к обучению по более продвинутым программам того же или более высоких уровней МСКО и для формирования основы для обучения на протяжении всей жизни индивидуума. Программы общего образования обычно проводятся на базе школы или колледжа. Общее образование включает образовательные программы, разработанные для подготовки учащихся к поступлению на программы профессионально-технического образования, но не направленные на подготовку к трудоустройству по определенному виду или видам профессий и на непосредственное получение востребованной на рынке труда квалификации.

Профессионально-техническое образование. Образовательные программы, направленные на приобретение знаний, навыков и компетенций для занятий определенного вида или видам профессиональной деятельности. Профессионально-техническое образование может включать такие компоненты, как обучение на базе предприятий (например, стажировка, дуальные образовательные программы). Успешное завершение таких программ ведет к получению пользующихся спросом на рынке труда профессиональных квалификаций, которые признаются соответствующими национальными властями и/или рынком труда как профессионально-ориентированные.

Образование для взрослых. Образование, главным образом направленное на тех, кто считается взрослыми в обществе, для совершенствования технических и профессиональных квалификаций, дальнейшего развития способностей, обогащения знаниями с целью завершения уровня формального образования, или для приобретения или обновления своих знаний, навыков и компетенций в какой-либо конкретной области. Образование для взрослых также может относиться к «непрерывному образованию», «возобновляемому образованию» или к образовательным программам «второго шанса» (переквалификации).

Уровни образования — упорядоченный набор категорий, классифицирующий образовательные программы в соответствии с градацией учебного опыта, а также навыков и компетенций, которые призваны дать образовательные программы. Уровень МСКО отражает степень сложности и специализации содержания образовательной программы, от основного до сложного.

Образование детей младшего возраста (МСКО-II уровень 0). Образование детей младшего возраста предполагает учебную и образовательную деятельность на основе комплексного подхода для поддержания познавательного, физического, социального и эмоционального развития детей младшего возраста, а также для знакомства детей младшего возраста с организованным обучением в отрыве от семейной обстановки с целью развития навыков, необходимых для подготовки к учебной деятельности и к поступлению на обучение по программам начального образования.

Ниже начального образования (МСКО 0). Обширный уровень образованности, охватывающий неучастие в образовательном процессе, некоторую степень участия в программах образования детей младшего возраста и/или некоторую степень участия в начальном образовании.

Начальное образование (уровень МСКО 1, младшая школа) предполагает учебную и образовательную деятельность, как правило, направленную на обучение основным навыкам чтения, письма и математики (т.е. грамотность и счет), и на создание серьезной основы для изучения и понимания основных областей знаний, для развития личности, для подготовки к обучению на первом этапе среднего образования. Начальное образование направлено на обучение на базовом уровне сложности с небольшой специализацией, если таковая имеется.

Среднее образование (уровни МСКО 2 и 3). Среднее образование представляет учебную и образовательную деятельность, базирующуюся на начальном образовании и готовящую как к выходу на рынок труда, так и ко второму этапу послесреднего нетретичного образования и третичному образованию. В целом, среднее образование направлено на обучение на среднем уровне сложности. В МСКО проводится различие между первым и вторым этапом среднего образования.

Первый этап среднего образования (уровень МСКО 2). Программы уровня МСКО 2, или программы «первого этапа среднего образования», как правило, основываются на учебных результатах уровня МСКО 1. Обычно цель образования заключается в том, чтобы заложить основы для обучения в течение всей жизни индивидуума и для развития личности, что может позволить образовательным системам расширять возможности для дальнейшего получения образования. Программы этого уровня обычно организованы по учебному плану, ориентированному на конкретные предметы с объяснением теоретических понятий по широкому кругу вопросов.

Второй этап среднего образования (уровень МСКО 3). Программы уровня МСКО 3, или «второй этап среднего образования», как правило, рассчитаны на завершение среднего образования, дающего подготовку к третичному образованию или формированию навыков, позволяющих найти работу, или и то,

и другое. Программы этого уровня предлагают учащимся более разнообразное, специализированное и углубленное изучение предметов, чем программы второго этапа среднего образования (уровень МСКО 2). Они более дифференцированы и предоставляют более широкий выбор возможностей и направлений.

Последнее нетретичное образование (уровень МСКО 4). Последнее нетретичное образование предполагает учебный опыт на основе среднего образования, подготавливая как к выходу на рынок труда, так и к получению третичного образования. Это образование, как правило, направлено на учащихся, завершивших второй этап среднего образования (уровень МСКО 3), но желающих повысить шансы на рынке труда или далее обучаться в системе третичного образования. Такие программы часто незначительно сложнее, чем программы второго этапа среднего образования, поскольку они служат, как правило, скорее для расширения, чем для углубления знаний, навыков и компетенций, но их уровень сложности уступает уровню сложности третичного образования.

Третичное образование (уровни МСКО с 5 по 8). Третичное образование основывается на среднем образовании, организуя учебную деятельность в рамках специализированных областей образования. Оно направлено на обучение на более высоком уровне сложности и на специализацию. Третичное образование включает то, что обычно понимается как академическое образование, а также включает профессиональное образование.

Ориентация образовательной программы — ориентация программы различается на уровнях МСКО со 2-го по 5-ый с возможностью применения на уровнях МСКО 6-8. Существует две категории: общее и профессионально-техническое образование. На уровнях с 5-го по 8-ый образования термины «академическое образование» и «профессиональное образование» эквивалентны терминам «общее» и «профессионально-техническое», соответственно.

Классификация МСКО 2011 образовательных программ

В системе классификации МСКО 2011 уровень образования является корневой переменной классификации. Сначала в МСКО определяется классификация образовательных программ, а затем — классификация квалификаций. Классификация национальных образовательных программ в соответствии с МСКО является основным инструментом для отображения связей между образовательными программами и квалификациями. Введены следующие уровни (категории) образовательных программ:

- **Программы уровня МСКО 0** — рассчитаны на детей, не достигших возраста для поступления на уровень МСКО 1. Существует две категории программ уровня МСКО 0: программы развития детей младшего возраста и программы дошкольного образования. Программы первой категории имеют образовательный компонент, разработанный для детей в возрасте от 0 до 2 лет, а программы, включенные во вторую категорию, разработаны для детей с 3 лет и до начала обучения по программам начального образования. Для МСКО 0 критерий продолжительности программы отсутствует, однако, программа должна насчитывать не менее эквивалента 2 часов в

день и 100 дней в году образовательной деятельности для того, чтобы быть классифицированной как программа уровня МСКО 0.

- **Программы уровня МСКО 1**, или «начальное образование» (младшая школа), - направлены на обучение основным навыкам чтения, письма и математики (т.е. грамотность и счёт) и на создание солидной основы для изучения и понимания основных областей знаний, для развития личности и социального развития и для подготовки к обучению на первом этапе среднего образования. Для МСКО 1 продолжительность программы обычно составляет от 4 до 7 лет. Наиболее распространенная продолжительность — 6 лет.
- **Программы уровня МСКО 2** (elementary school, общее начальное образование средней школы) — программы «первого этапа среднего образования» основываются на результатах обучения уровня МСКО 1. Обычно цель образования заключается в том, чтобы заложить основы для обучения в течение всей жизни индивидуума и для развития личности. Программы этого уровня обычно организованы по учебному плану, ориентированному на конкретные предметы с объяснением теоретических понятий по широкому кругу вопросов. Обучение на уровне МСКО 2 начинается, как правило, в возрасте 10-13 лет (12 лет — наиболее распространенный возраст). Обучение на уровне МСКО 2 заканчивается спустя 8-11 лет с начала уровня МСКО 1. В конце уровня МСКО 2 возраст учащихся, как правило, составляет 14–16 лет (чаще всего 15 лет). Для МСКО 2 продолжительность программы, как правило, составляет от 2 до 5 лет. Наиболее распространенная продолжительность — 3 года.
- **Программы МСКО 3** или «второй этап среднего образования» (старшая школа), как правило, рассчитаны на завершение среднего образования, дающего подготовку к третичному образованию или обучению навыкам, позволяющим найти работу, либо обеспечивающего и то и другое. Программы этого уровня предлагают учащимся более разнообразное, специализированное и углубленное изучение предметов, чем программы уровня МСКО 2. Уровень МСКО 3 начинается после 8–11 лет обучения после начала обучения на уровне МСКО 1. Как правило, учащиеся переходят на этот уровень в возрасте 14–16 лет. Программы уровня МСКО 3 обычно заканчиваются спустя 12–13 лет после начала обучения на уровне МСКО 1 (примерно в возрасте 17 или 18 лет), наиболее распространенная совокупная продолжительность — 12 лет. Однако окончание второй ступени среднего образования в образовательных системах варьируется и обычно составляет 11–13 лет с начала обучения на уровне МСКО 1. Для МСКО 3 продолжительность, как правило, составляет от 2 до 5 лет. Наиболее распространенная продолжительность — 3 года.
- **Программы уровня МСКО 4** или «последнего нетретичного образования» (начальное профессиональное образование), как правило, разра-

бываются для обучения тех, кто закончил уровень МСКО 3, и предназначены для трудоустройства, если квалификация уровня МСКО 3 не дает такого доступа. Например, выпускники общих программ уровня МСКО 3 могут выбрать получение профессионально-технической квалификации нетретьичного образования; или программ профессионально-технического образования. Содержание программ уровня МСКО 4 не достаточно сложное по сравнению с третьичным образованием, хотя оно явно относится к послесреднему образованию. Для МСКО 4 продолжительность, как правило, составляет от 6 месяцев до 2-3 лет.

- **Программы уровня МСКО 5** или «короткий цикл третьичного образования» предназначены для предоставления участникам профессиональных знаний и развития профессиональных навыков и компетенций. Как правило, они связаны с практикой, профессиональной ориентацией и подготовкой учащихся к выходу на рынок труда. Однако эти программы также могут открывать путь к другим программам третьичного образования. Программы уровня МСКО 5 сложнее по содержанию, чем программы уровней МСКО 3 и МСКО 4, но они короче и обычно содержат меньше теоретического материала, чем программы уровня МСКО 6. Примером программы уровня МСКО 5 могут служить программы подготовки на степень ассоциата. Для МСКО 5 продолжительность программы, как правило, составляет от 2 до 3 лет.
- **Программы уровня МСКО 6**, или «бакалавриат или его эквивалент», часто предназначены для получения участниками промежуточных академических и/или профессиональных знаний, навыков и компетенций, ведущих к присвоению первой степени или равнозначной квалификации. Программы этого уровня, как правило, имеют теоретическую основу и характеризуются достаточно высоким уровнем исследований, но могут включать и практические компоненты и/или лучшую профессиональную практику. Традиционно они преподаются в университетах и равнозначных учебных заведениях третьичного образования (высшего). Обычно для поступления на программы этого уровня требуется успешное завершение программ уровней МСКО 3 или МСКО 4, дающих доступ к третьичному образованию. Поступление может зависеть от выбора предметов и/или оценок, полученных на уровнях МСКО 3 и/или МСКО 4. Для МСКО 6 продолжительность программы бакалавра или её эквивалента, как правило, составляет от 3 до 4 и более лет, если программа непосредственно следует за уровнем МСКО 3, и 1-2 года, если программа следует за другой программой уровня МСКО 6.
- **Программы уровня МСКО 7**, или «магистратура или её эквивалент», часто предназначены для предоставления участникам расширенных академических и/или профессиональных знаний, развития навыков и компетенций, ведущих к присвоению второй степени или равнозначной квалификации. Как правило, программы этого уровня имеют теоретическую основу с

существенной исследовательской составляющей, но еще не ведут к присвоению квалификации доктора наук. Они могут включать и практический компонент с лучшей профессиональной практикой. Традиционно они преподаются в университетах или аналогичных учебных заведениях третичного образования. Для МСКО 7 продолжительность программы мастера или её эквивалента составляет, как правило, от 1 года до 4 лет.

- **Программы уровня МСКО 8**, или «докторантура или её эквивалент», прежде всего, разработаны для того, чтобы привести к продвинутой квалификации в области научных исследований. Программы этого уровня посвящены углубленному и самостоятельному исследованию и, как правило, предлагаются только в учебных заведениях третичного образования, ориентированных на исследования, таких как университеты. Программы докторантуры существуют как в академической, так и в профессиональной областях. Для программ МСКО 8 продолжительность составляет не менее 3 лет. Уровень МСКО 8 обычно завершается после представления и защиты диссертации или равнозначной письменной работы, заслуживающей публикации и представляющей значительный вклад в расширение знаний в соответствующей области изучения. Такие программы, как правило, основаны на исследовании, а не только на изучении материала курса. Квалификации уровня МСКО 8 дает доступ к профессиям, требующим высокого уровня владения академическими навыками, к ведению научно-исследовательской деятельности в государственном секторе и промышленности, а также доступ к исследовательским и преподавательским должностям в учебных заведениях, предлагающих образование на уровнях МСКО 6, 7 и 8.

Для классификации образовательных программ используется трехзначная система кодирования. Первое значение в этой кодировке соответствует уровню образовательной программы (от 0 до 8), второе — категории ориентации программы (общая/академическая, профессиональная/профессионально-техническая), третье — подкатегории, определяющей степень завершенности обучения по данной программе, а также доступ к более высоким уровням МСКО.

Уровневая модель МСКО 2011 и взаимосвязи уровней образования с использованием трехзначных классификаторов иллюстрируются на Рис. 5.1.

Уровневая модель МСКО 2011 образования, где трехзначные коды имеют следующий смысл:

- 665 — Бакалавриат. Первая академическая степень (3–4 года);
- 666 — Бакалавриат. Долгосрочная программа первой степени (более 4 лет);
- 667 — Бакалавриат. Вторая или последующая степень (с последующим успешным завершением программы бакалавриата или его эквивалента);
- 766 — Магистратура. Долгосрочная первая степень (не менее 5 лет);
- 767 — Вторая или последующая степень (следующая за успешным завершением программы бакалавриата или равнозначной ей программы);
- 768 — Магистратура. Вторая или последующая степень (следующая за успешным завершением программы магистратуры равнозначной ей программы).

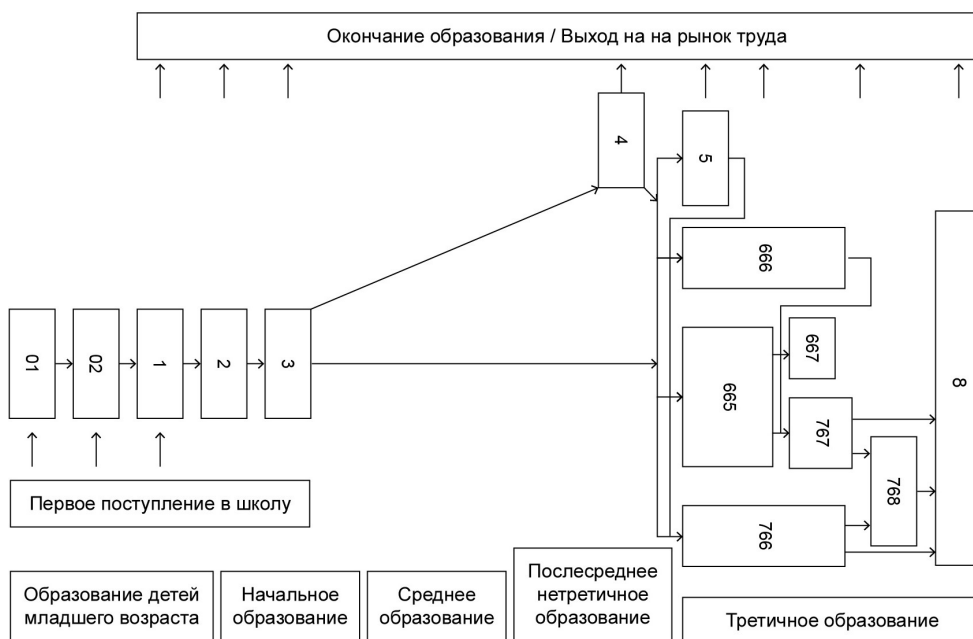


Рис. 5.1. Уровневая модель МСКО 2011

Вторым сквозным параметром классификации образовательных программ служит классификатор областей образования. В МСКО 2011 включен такой классификатор областей образования. Фрагмент данного классификатора представлен на Рис. 5.2.

- ...
- 4 Наука**
42 Науки о жизни
 Биология, ботаника, бактериология, токсикология, микробиология, зоология, энтомология, орнитология, генетика, биохимия, биофизика, другие смежные науки, за исключением лечебно-медицинских и ветеринарных наук.
- 44 Физические науки**
 Астрономия и космология, физика, другие смежные предметы, химия, другие смежные предметы, геология, геофизика, минералогия, физическая антропология, физическая география и другие науки о Земле, метеорология и другие науки об атмосфере, включая исследование климата, океанография, вулканология, палеоэкология.
- 46 Математика и статистика**
 Математика, вычислительные науки, цифровой анализ, актуарная наука, статистика и другие смежные области.
- 48 Компьютерное дело**
 Компьютерные науки: проектирование систем, компьютерное программирование, обработка данных, сети, действующие системы — только разработка программного обеспечения (разработка компьютерного оборудования должна классифицироваться в рамках инженерных областей).

Рис. 5.2. Фрагмент классификатора областей образования МСКО 2011.

5.2 Классификаторы в науке и образовании

Классификатор МСКО 2011 областей образования является чрезмерно укрупненным для практического использования в рамках целевых задач СРЦН.

Например, пятизначный классификатор РФФИ 2018 г. [79] предлагает значительно более развернутую классификацию научных областей. В Таб. 5.1. приведена классификация научных областей раздела 07 ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. Классификатор РФФИ может оказаться полезным при формировании образовательных программ, ориентированных на целевую подготовку научных и инновационных кадров.

Таблица 5.1. КЛАССИФИКАТОР РФФИ ДЛЯ КОНКУРСОВ 2018 ГОДА

...
07 ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
07-1 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ
07-172 Технологии проектирования и производства микропроцессоров и сложных СБИС
07-173 Спецпроцессоры обработки сигналов, изображений, графической информации, нейромпроцессоры, микропроцессоры для высокопроизводительных вычислений
07-174 Технологическое оборудование и технологические процессы нано- и микроэлектроники
07-177 Микропроцессоры общего и космического назначения и системы оперативной и долговременной памяти, коммуникационные интерфейсы и микропроцессоры
07-178 Комплексная оптимизация архитектуры микропроцессора, вычислительной системы и программного обеспечения
07-179 Фундаментальные основы вакуумной нано- и микроэлектроники
07-180 Оптические коммуникации и межсоединения
07-190 Лазерные информационные технологии
07-2 СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
07-203 Анализ и моделирование компьютерных процессов, прикладных распределенных разработок.
07-205 Системы цифровой передачи данных и вычислительные сети 07-221 Математическое обеспечение, программные средства и системы для распределенных вычислений, GRID-технологий, облачных технологий
07-233 Математические методы, компьютерные средства и системы для защиты, преобразования и передачи информации, для защиты ресурсов информационно-вычислительных систем
07-246 Методология стандартизации информационных, вычислительных и коммуникационных ресурсов. Правовые и экономические аспекты создания и использования информационных ресурсов. Испытания и оценки надежности. Другие юридические, экономические и социальные аспекты этой тематики.
07-256 Методы, средства и системы обработки данных большого объема с целью извлечения нового знания. Обработка сверхбольших массивов данных и их визуализация.
07-262 Системное программное обеспечение высокопроизводительных компьютерных систем, включая распределенные, гибридные и т.п. системы. Сверхмасштабируемые программные комплексы и алгоритмы
07-266 Суперкомпьютерное моделирование: инструментальные средства, прикладное программное обеспечение и сервисы
07-276 Программное обеспечение для вычислительных и инфокоммуникационных систем и сетей
07-281 Параллельное программирование: модели, языки, алгоритмы, инструментарий
07-296 Архитектура и топология вычислительных и инфокоммуникационных систем и сетей. Контроль и диагностика вычислительных и инфокоммуникационных систем и сетей
07-297 Теоретические и технологические основы информационных роботизированных комплексов (по отраслям: «цифровая экономика», библиотеки и алгоритмы «Big data», САПР, «цифровая» медицина и биофизика)
07-298 Сетевые принципы в системах управления и принятия решения в условиях неполной информации, дополненной и искаженной реальности (по отраслям)
07-3 МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ, АНАЛИЗА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
07-315 Электронные библиотеки и коллекции документов: научный контент, методы и средства наполнения и использования
07-325 Разработка и наполнение тематических баз данных 07-341 Геоинформационные системы. Мультимедийные информационные системы

Таблица 5.1 – Продолжение

07-345	Фундаментальные основы машинного обучения.
07-355	Методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных в задачах поддержки принятия решений
07-365	Специализированные методы и алгоритмы обработки и анализа больших данных
07-375	Методы, алгоритмы и системы распознавания, классификации, кластеризации и прогнозирования в пакетном режиме и в режиме реального времени
07-378	Методы, средства, технологии и системы обработки, анализа и распознавания изображений и сигналов. Методы компьютерной обработки изображений на основе статфизического подхода.
07-380	Статфизические методы машинного обучения анализа сложных систем и обработки изображений и сигналов
07-381	Методы и системы моделирования для естественных наук
07-388	Специализированные модели и системы (для электроэнергетики, атомной промышленности, космоса, фотоники и лазерных технологий, здравоохранения и биологии, анализа социальных и экономических процессов)
07-390	Методы и системы моделирования и обработки данных в нефтегазовом комплексе
07-4	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОСИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ
07-410	Фундаментальные основы создания перспективной элементной базы радиотехники, связи и микроэлектронных систем
07-415	Проблемы создания радиотехнических систем, систем связи и радиолокации
07-420	Основы создания устройств на базе метаматериалов и графена
07-422	Микро- и наноэлектромеханические устройства
07-440	Системы и методы передачи информации, приема и обработки сигналов, в том числе в оптическом и терагерцовом диапазоне частот
07-445	Перспективные технологические процессы и элементная база акустоэлектроники, спинтроники и магноники
07-450	Акусто- и магнитооптические, волоконно-оптические и плазменные устройства, радиофотоника.
07-456	Элементная база квантовых компьютеров и систем связи
07-457	Квантовые методы обработки и передачи информации
07-470	Фундаментальные проблемы медицинской радиоэлектроники
07-9	МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, АВТОМАТИЗАЦИИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
07-921	Компьютерные системы для поддержки научных исследований.
07-922	Фундаментальные принципы предсказательного моделирования
07-925	Методы предсказательного моделирования, программные реализации и вычислительный эксперимент при описании природных, технических, биологических и социальных процессов
07-931	Автоматические и автоматизированные системы проектирования электронных, электромеханических и механических изделий и систем
07-932	Системный анализ в условиях неопределенности и риска. Информационные технологии системного анализа
07-933	Фундаментальные основы системного моделирования
07-934	Модели и методы мягкого системного анализа
07-943	Компьютерные реализации искусственного интеллекта. Системы семантического моделирования, визуализации и виртуального окружения
07-956	Методы и системы искусственного интеллекта в поддержке принятия решений
07-966	Методы и системы приобретения, представления, обработки и интеграции знаний. Управление знаниями. Базы знаний
07-976	Проблемно-ориентированные системы, основанные на знаниях: средства моделирования, создания, анализа и поддержки, экспертные системы
07-986	Системы искусственного интеллекта для текстового поиска, обработки и анализа естественного языка
07-991	Системы искусственного интеллекта в управлении.

Как отмечалось выше, в МСКО 2011 определяется и классификация квалификаций (дипломов), полученных в результате освоения образовательных программ. Такой классификатор является производным от классификатора образовательных программ. Таким образом классификация МСКО состоит из двух параллельных схем кодирования:

— образовательных программ (МСКО-ПРОГРАММЫ, или МСКО-П) и

— уровней полученного образования (МСКО-УРОВЕНЬ, или МСКО-У) или уровней квалификаций.

К другим классификаторам, которые могут использоваться при описании образовательных программ, являются:

— классификатор ОКСО — Общероссийский классификатор специальностей по образованию ОК 009-2016 [78];

— система классификации профессиональных стандартов, определяется в [80].

Следует отметить, что на практике, особенно при создании систем широкого назначения в сфере профессиональной подготовки и переподготовки кадров может оказаться целесообразным параллельное использование нескольких классификаторов образовательных программ и ресурсов, в том числе из числа тех, которые были рассмотрены выше.

Образовательная программа определялась выше как комплекс образовательных мероприятий, спланированных и организованных для достижения заранее поставленных целей обучения или для решения конкретных образовательных задач.

Содержание же самого обучения, организуемого в рамках образовательной программы, определяется, во-первых, с помощью программы обучения или учебной программы - методической основы образовательной деятельности процесса, которая задает ее структуру, описание целей обучения, спецификацию свода знаний, описание составных частей образовательной деятельности и, во-вторых, семантической начинкой образовательных ресурсов, используемых для решения образовательных задач.

Таким образом, понятия «образовательная программа», «программа обучения», «образовательный ресурс» имеют тесную взаимосвязь друг с другом. Поэтому рассмотренные выше вопросы классификации образовательных программ, могут естественным образом переноситься и на другие родственные понятия, в частности, на «образовательные ресурсы», которые могут иметь и собственные системы классификации. Так, стремительное развитие образовательных сред и инструментов поддержки разнообразных форм электронного и сетевого обучения, технологий дистанционного обучения, широкое распространение массовых открытых онлайн-курсов (МООК), сделало электронные образовательные ресурсы (ЭОР) важнейшим инструментом развития цифровых навыков [81]. Вопросы классификации ЭОР отражены в ГОСТ Р 53620-2009 и ГОСТ Р 52657-2006.

Значительные возможности для построения динамических гибких схем классификации образовательных ресурсов, хранящихся в ФОР, предоставляет использование аппарата метаданных.

Именно этой теме и посвящена следующая глава.

Глава 6

Метаданные образовательных ресурсов в СРЦН

При создании фонда образовательных ресурсов с каждым элементом хранения связывается конечное множество параметров, называемых метаданными, которые служат целям достижения повторной используемости и интероперабельности образовательных ресурсов, их классификации. Метаданные описывают свойства образовательных ресурсов такие, как название, назначение, местоположение, рейтинги, ключевые слова, используемый язык, дату создания, авторство и пр. Метаданные облегчают поиск, оценку, приобретение и использование, классификацию образовательных ресурсов [16].

Широкое применение в образовательной практике и, в частности, в дополнительном образовании, технологий электронного обучения и электронных образовательных сред позволяет практически каждый образовательный ресурс рассматривать в качестве инструмента электронного (дистанционного) обучения (ЭО). Поэтому в дальнейшем под образовательным ресурсом будем понимать цифровой ресурс в среде ЭО. Одной из важнейших задач в области ЭО является достижение повторной используемости и интероперабельности образовательных ресурсов. Значительную роль в решении этой задачи играет стандартизации форматов представления образовательных ресурсов и их метаданных. Как отмечалось, именно метаданные описывают свойства образовательных ресурсов такие, как название, назначение, местоположение, рейтинги, ключевые слова, используемый язык, дату создания, авторство и пр. Метаданные облегчают поиск, оценку, приобретение, использование и классификацию образовательных ресурсов [82–84].

Оставшаяся часть данного раздела как раз и посвящена анализу работ по стандартизации метаданных образовательных ресурсов ЭО, а также выбору базового набора параметров метаданных для образовательных ресурсов в системе СРЦН.

Уточним определение образовательного ресурса. Следуя стандарту IEEE LOM [85], а также работам [86–88] под образовательным ресурсом будем понимать помеченные метаданными цифровые ресурсы многоразового использования, которые являются автономными и могут агрегировать в более сложные сущности для использования в образовательных целях. Таким образом, основной смысл понятия образовательного ресурса направлен на то, чтобы предоставить возможность разбивать образовательный контент на небольшие автономные части, которые могли бы независимо создаваться, объединяться и повторно использоваться в образовательных процессах на основе СРЦН. Свойство повторной используемости образовательных ресурсов здесь чрезвычайно важно, так как позволяет сократить затраты на создание новых образовательных решений и в целом повысить их качество.

Возможны различные способы повторного использования образовательных ресурсов, имеющие следующие обозначения:

- Оригинал — образовательный ресурс используется как есть, без изменений.
- Переработка — создается новый образовательный ресурс, на основе изменения или адаптации исходного.
- Ремикс — объединение образовательного ресурса (оригинального или переработанного) с другими, для создания нового ресурса.
- Распространение — предоставление образовательного ресурса в общий доступ (оригинального, переработанного или ремикшированного).

Как отмечалось выше, для достижения повторной используемости образовательных ресурсов необходимо, чтобы они удовлетворяли стандартам ЭО, включая стандартам на метаданные.

Стандарты метаданных образовательных ресурсов определяют эталонные наборы параметров для описания свойств образовательных ресурсов, что способствует возможности взаимодействия между различными системами ЭО.

6.1 Стандарты метаданных образовательных ресурсов

Рассмотрим наиболее известные стандарты метаданных образовательных ресурсов.

1. IEEE LOM (Learning Object Metadata)

IEEE LOM — стандарт метаданных для описания объектов обучения (образовательных ресурсов), разработан комитетом стандартизации образовательных технологий LTSC компьютерного сообщества организации IEEE (Learning Technology Standards Committee IEEE Computer Society) в сотрудничестве с организациями ARIADNE и IMS. Последняя версия IEEE LOM 1.0 [85] была опубликована в 2002 году. Она определяет в общей сложности 45 различных основных полей метаданных, сгруппированных по 9 категориям.

В стандарте IEEE LOM термин «экземпляр метаданных» используется для обозначения группы информации (т. е. полей метаданных), которая описывает данный образовательный ресурс. Экземпляры метаданных могут храниться в базах данных, а также представлены в других форматах, таких, как XML, RDF, HTML, или в виде обычного текста. Термин «запись метаданных» используется для обозначения этих представлений, включая записи баз данных, в которых хранятся экземпляры метаданных. Процесс представления информации, содержащейся в экземпляре метаданных и определенной в соответствии с абстрактной моделью в определенном формате, называется «привязкой». Как правило, экземпляры метаданных представлены в XML в соответствии со стандартизованными привязками XML.

Каждое поле метаданных LOM может быть простым элементом данных или сложным, содержащим подэлементы. Все элементы являются факультативными. В стандарте также указывается, какие элементы могут быть включены только один раз и какие элементы могут быть повторены. Для каждого из простых элементов данных LOM указывает область значений и тип данных. Область значений определяет набор допустимых значений для простого элемента данных. Для некоторых элементов область значений не накладывает ограничений на вводимые данные, тогда как для других элементов устанавливается, что значения должны быть взяты из словаря (т.е. определенного списка значений, таких, как список кодов языков ISO-639: 1988) или вводиться в определенном формате (например, формат визитной карточки или ISO 8601). Тип данных указывает, является ли значение простого элемента данных просто строкой символов или одним из следующих типов: LangString (представляет одну или несколько строк символов и их языков), Vocabulary (представляет собой значение из определенного словаря, включая его источник), DateTime (представляет собой момент времени, сопровождаемый описанием) или Duration (представляет собой интервал времени, сопровождаемый описанием).

Схематическое представление иерархии элементов в модели метаданных LOM представлено на рис. 6.1 [89].

Другой формой представления базовой модели метаданных IEEE LOM может служить Таб. 6.1

Таблица 6.1. Базовая схема IEEE LOM 1.0: категории и поля метаданных

Категории метаданных	Описание	Поля метаданных
General (Общие положения)	Общая информация, описывающая образовательный ресурс в целом	Идентификатор, Название, Язык, Описание, ключевые слова, охват, структура, уровень агрегирования
Life Cycle (Жизненный цикл)	Текущее состояние образовательного ресурса и сущности, которые его создали	Версия, статус, участники
Meta-Metadata (Мета-метаданные)	Информация об экземпляре метаданных включая его участников	Идентификатор, участники, Схема метаданных, язык
Technical (Технические характеристики)	Технические характеристики и требования образовательного ресурса.	Формат, размер, местоположение, требования, примечания по установке, другие требования к платформе, продолжительность

Таблица 6.1 – *Продолжение*

Категории метаданных	Описание	Поля метаданных
Educational (Образовательные)	Образовательные и педагогические характеристики образовательного ресурса	Тип интерактивности, тип образовательного ресурса, уровень интерактивности, семантическая плотность, предполагаемая роль конечного пользователя, контекст, типичный возрастной диапазон, Трудность, Типичное время обучения, Описание, Язык
Rights (Права)	Авторские права и условия использования Образовательного ресурса	Стоимость, авторское право и прочее Ограничения, описание
Relation (Отношение)	Отношения между объектом обучения и другими объектами обучения	Тип, Ресурсы
Annotation (Аннотация)	Комментарии и отзывы об объекте обучения от пользователей и систем	Сущность, Дата, Описание
Classification (Классификация)	Классификация образовательного ресурса в конкретных системах классификации	Цель, путь таксонов, описание, ключевое слово

Стандарт IEEE 1484.12.3-2005 [90] определяет привязку языка определения схемы расширяемого языка разметки (XML) консорциума World Wide Web (W3C) к модели метаданных объекта обучения (LOM), определенной в стандарте IEEE 1484.12.1-2002 для метаданных объекта обучения. Цель этого стандарта — предоставить возможность создавать экземпляры метаданных LOM с помощью языка XML для обеспечения совместимости при обмене экземплярами LOM XML между различными обучающими системами и средами.

Базовая схема LOM может быть расширена новыми элементами данных и значениями словаря. Тем не менее, расширения LOM не должны заменять элементы данных базовой схемы, которые должны сохранять свое исходное пространство значений и тип данных. Было создано ряд профилей стандарта LOM с целью расширения и адаптации модели LOM для различных случаев ее применения. В частности, были определены профили приложений LOM CanCore [91], UK LOM CORE [92] и LOM-ES [93] для удовлетворения, соответственно, конкретных потребностей образовательных сообществ Канады, Британии и Испании. Кроме того, некоторые репозитории образовательных ресурсов, такие как портал ODS (Open Discovery Space Portal — <http://www.opendiscoveryspace.eu>) или LRE (Learning Resource Exchange (LRE) — <http://lreforschools.eun.org>), создали свои собственные профили LOM, чтобы обеспечить расширение метаданных для нужд собственных приложений. Рекомендации по созданию профилей приложений LOM можно найти в [94].

LOM определяет два уровня соответствия стандарту: строгий и нестрогий. Строго соответствующий экземпляр метаданных LOM состоит исключительно из элементов данных LOM. Не строго соответствующий экземпляр метаданных LOM может содержать расширенные элементы данных. Все элементы данных в экземплярах метаданных LOM считаются факультативными,

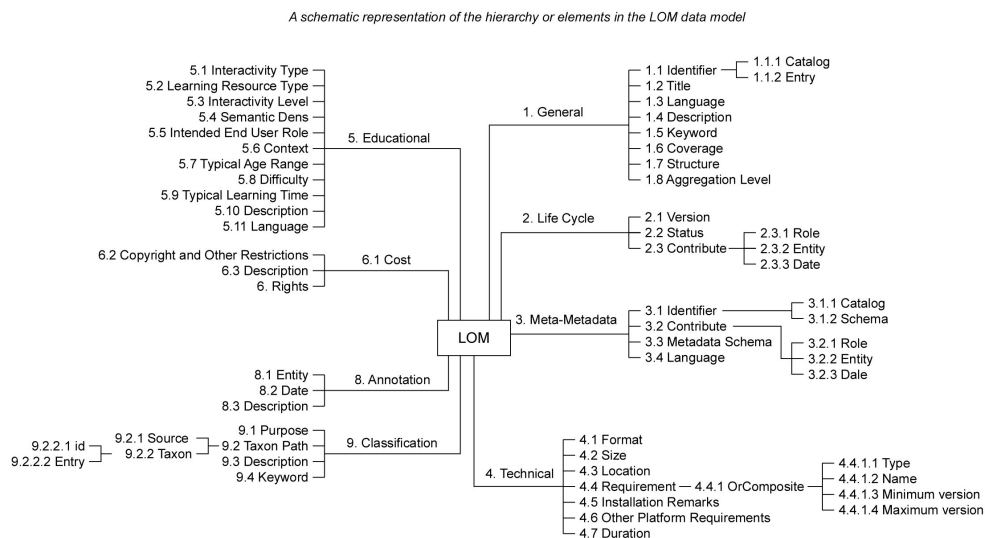


Рис. 6.1. Схематическое представление иерархии элементов в модели данных LOM.

Определены три подхода к проверке на соответствие стандарту схемы для экземпляров метаданных LOM, представленных в XML: строгий, настраиваемый и свободный.

Строгая проверка не предусматривает расширений, допуская использование только словаря LOM. Этот подход может использоваться для проверки строго соответствующих экземпляров метаданных LOM.

Настраиваемая проверка разрешает использование расширений и пользовательских словарей, при этом проверяется, соответствуют ли применяемые расширения их ограничениям, принадлежности значений словарям, а также применяет ограничения уникальности. Данный подход используется для проверки соответствия экземпляров метаданных LOM.

Наконец, свободная проверка разрешает расширения и их соответствие ограничениям, но не проверяет значения словаря или ограничения уникальности. Эта проверка не гарантирует, что экземпляр метаданных соответствует LOM.

На основе стандарта IEEE LOM разработан стандарт «Метаданные информационных образовательных ресурсов для интернет-каталогов» [50] который устанавливает регламент взаимодействия участников информационного обмена, а именно разработчиков федеральных образовательных порталов, основывается на информационной модели LOM, использует словари и классификаторы, специфичные для российской системы образования. Данный стандарт метаописаний образовательных ресурсов общего и профессионального образования позволяет

организовывать атрибутно-контекстный поиск ресурсов и осуществлять обмен метаописаниями в распределенных хранилищах и системах.

2. IMS LRM (Learning Resource Metadata) — метаданные образовательных ресурсов организации IMS

Организация IMS принимала участие в создании и разработке стандарта IEEE LOM. Ранние проекты схемы LOM были одобрены IMS в качестве первых версий спецификации IMS LRM (версии 1.0 — 1.2.2) [96]. Окончательная версия спецификаций IMS LRM 1.3 [97], опубликованная в 2006 году, практически полностью согласована с IEEE LOM. Следовательно, IMS LRM 1.3 и IEEE LOM 1.0 можно рассматривать как эквиваленты (по крайней мере, по отношению к схеме данных). Спецификация IMS LRM также содержит рекомендации по использованию стандарта LOM, созданию профилей приложений, преобразованию метаданных, определенных в соответствии с ранними версиями IMS LRM, к метаданным IEEE LOM.

3. Dublin Core (ГОСТ ISO/IEC 19788-2-2015. Информационные технологии (ИТ). Обучение, образование и подготовка. Метаданные для образовательных ресурсов)

Дублинское ядро (Dublin Core или Simple Dublin Core) — это набор терминов словаря для описания любого типа ресурсов, предложенного открытой организацией Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) [98]. Набор элементов метаданных «Dublin Core» определяет словарь из следующих пятнадцати свойств для использования в описании ресурса: участник, охват, создатель, дата, описание, формат, идентификатор, язык, издатель, отношение, права, источник, предмет, название и тип.

Этот словарь получил широкое распространение и был принят в следующих стандартах:

- IETF RFC 5013. The Dublin Core Metadata Element Set.
- ISO Standard 15836: 2009. Information and documentation — The Dublin Core metadata element set.
- ANSI/NISO Standard Z39.85-2012. The Dublin Core Metadata Element Set.

В экземпляре метаданных Dublin Core все элементы являются необязательными и могут быть повторены, если это необходимо.

Современная версия Dublin Core включает спецификацию DCMI Abstract Model, которая определяет абстрактную модель метаданных Dublin Core, называемую абстрактной моделью DCMI. В спецификации терминов DCMI Metadata подробно описан текущий полный набор терминов метаданных Dublin Core, включая 15 классических элементов метаданных Dublin Core, а также дополнительно наборы классов ресурсов и схемы кодирования синтаксиса.

DCMI предоставляет рекомендации по созданию профилей приложений Dublin Core и синтаксиса для выражения метаданных Dublin Core в разных форматах, таких как простой текст, HTML, XML и RDF.

Как отмечалось, Dublin Core определяет поля метаданных, которые являются универсальными для любого типа ресурсов. Поэтому сообщество DCMI Education [98] работает над профилем приложения Dublin Core для домена образования DC-Education.

4. Международный стандарт ISO/IEC 19788. Information technology. Learning, education and training — Metadata for learning resources (Обучение, образование и подготовка — Метаданные для образовательных ресурсов)

ISO/IEC 19788 — многочастевой основополагающий стандарт в области метаданных электронных образовательных ресурсов. Основной целью стандарта ISO/IEC 19788 является: (1) описание образовательного ресурса, используя основанный на стандартах подход к идентификации и спецификации элементов метаданных образовательного ресурса; (2) поиск, открытие, приобретение, оценка и использование образовательных ресурсов [99]. Стандарт ISO/IEC 19788 разработан с учетом опыта внедрения стандартов метаданных для образовательных ресурсов таких, как IEEE LOM и Dublin Core. Данный стандарт содержит следующие части:

- Часть 1: Структура (ISO/МЭК 19788-1: 2011). В этой части определяются элементы данных для описания образовательных ресурсов, описаны принципы, правила и структуры стандарта.
- Часть 2: Элементы Дублинского ядра (ISO/IEC 19788-2: 2015), определяет набор элементов данных идентичный набору элементов метаданных Дублинского ядра (ISO 15836: 2009), включая таким образом представление экземпляров метаданных Simple Dublin Core в ISO/IEC 19788.
- Часть 3: Основной профиль приложения (ISO/IEC 19788-3: 2015), может рассматриваться в качестве методического документа, предназначенного для облегчения использования набора элементов метаданных, определенно в части 2.
- Часть 4: Технические элементы (ISO/IEC 19788-4: 2014). Определяет технические аспекты образовательных ресурсов, такие как требования к использованию, местоположение, размер и т.д.
- Часть 5: Образовательные элементы (ISO/МЭК 19788-5: 2012). В этой части определяются образовательные аспекты образовательных ресурсов в различных образовательных, культурных и языковых условиях.
- Часть 7: Привязки (ISO/IEC FDIS 19788-7, разрабатывается). Эта часть предназначена для определения различных привязок для описания эле-

ментов данных записей метаданных образовательных ресурсов, таких как привязки XML и RDF.

- Часть 8: Элементы данных для записей метаданных образовательных ресурсов (ISO/IEC 19788-8: 2015). В этой части указывается, как хранить экземпляры метаданных в базах данных и как обмениваться экземплярами метаданных с помощью механизмов сбора.
- Часть 9: Предоставляет элементы данных для описания лиц (физических или юридических лиц), которые связаны с описанием учебного ресурса. (ISO/IEC 19788-9: 2015).
- Часть 11: Миграция из LOM в ISO/IEC TR 19788-11 (разрабатывается). Эта часть предназначена для предоставления руководств и рекомендаций по преобразованию экземпляров метаданных IEEE LOM в ISO/IEC 19788.

6.2 Репозиторий метаданных образовательных ресурсов СРЦН

Анализ существующих стандартов для метаданных образовательных ресурсов показывает, что наиболее полная и гибкая система описания метаданных образовательных ресурсов представлена в стандарте ISO/IEC 19788. В связи с чем именно она выбрана в качестве основы для описания сущностей в фонде образовательных ресурсов СРЦН. Такой подход представляется наиболее перспективным и по той причине, что в условиях глобализации образования необходимость ускоренной адаптации российской системы образования к фундаментальным международным стандартам по информационным технологиям в обучении, образовании и подготовке (IT LET) становится актуальной стратегической задачей, способствующей повышению производительности и функциональной совместимости многочисленных информационных и образовательных сред, а также качества электронного обучения в целом.

Учитывая трудоемкость реализации спецификаций ISO/IEC 19788 в полном объеме, а также то, что сами спецификации находятся в состоянии развития, для создания фонда образовательных ресурсов СРЦН была выбрана стратегия поэтапной разработки репозитория метаданных.

На первом этапе разрабатывается базовый расширяемый репозиторий метаданных образовательных ресурсов (БМ ОР) для СРЦН на основе профилирования стандарта ISO/IEC 19788. В частности, при построении БМ практическим подходом оказалось включение в него набора элементов метаданных Dublin Core (DCMES), а также частей набора элементов метаданных IEEE LOM, широко используемых на практике и легко портируемых в среду ISO/IEC 19788.

На последующих этапах развития фонда образовательных ресурсов СРЦН осуществляется расширение БМ введением в него дополнительных элементов метаданных, необходимость которых будет выявлена в процессе использования СРЦН.

При практической реализации систем метаданных важным решением является выбор языка привязки, с помощью которого осуществляется формализованное описание записей метаданных, их хранение, обработка, обмен метаданными. Наиболее практичным решением здесь представляется использование языка XML, который служит универсальным форматом для обмена информацией между отдельными компонентами распределенной системы и позволяет описывать стандартные форматы коммуникативных данных, принятые в различных областях. Примером такого решения может служить работа [54].

Кратко рассмотрим принципы формирования БРМ СРЦН.

Анализ потребностей и оценка существующих стандартов показали, что на первом этапе формирования БРМ СРЦН достаточно использовать элементы из двух стандартных пространств имен:

- набора элементов метаданных Dublin Core или DCMES (ISO/IEC 19788-2: 2015) и
- набора метаданных IEEE LOM.

Из набора элементов метаданных Дублинского Ядра (Dublin Core Metadata Element Set, DCMES) в БРМ включены все 15 элементов метаданных, включая (<https://dspublisher.ru/nabor-metadannyh-dublinskoe-yadro/>):

- Title — название, заголовок присвоенный ресурсу;
- Creator — имя создателя, человека или организации, ответственных за содержание — автора, художника, фотографа, редакции и т.п., длина не ограничена;
- Subject — тема содержания ресурса, краткое описание, чем-то похоже на набор ключевых слов по теме;
- Description, описание страницы, ресурса, небольшая аннотация, в том числе и для визуальных объектов, при написании требует более ответственного, в отличие от классического дескрипшена, поскольку пишется для удобства классификации и поиска;
- Publisher — издатель, — организация, человек, коллектив, ответственные за создание ресурса в конкретной текущей форме;
- Contributor — соисполнитель, — человек, организация, причастные к созданию, внесшие значительный вклад, но не являющиеся автором;
- Date — дата создания материала, рекомендуемый формат YYYY-MM-DD напр. 1917-11-07 или с указанием времени 1917-11-07T21:00:00;
- Type — тип ресурса, текст, изображение, домашняя страница;

- Format — формат представления данных для определения способа воспроизведения, тип носителя;
- Identifier, идентификатор, позволяющий однозначно определить ресурс, например, URL сайта или страницы сайта, для книг вполне подходит ISBN;
- Source — источник данных, если таковой имеется;
- Language — язык содержимого;
- Relation — отношения, — указание на связанные ресурсы;
- Coverage — покрытие, пространственный или временной охват, юрисдикция;
- Rights — авторские права, указание на авторство, использование и управление конкретным ресурсом.

Требования Dublin Core отражены также в ГОСТе РФ ГОСТ Р ИСО 15836-2011. «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Набор элементов метадаанных Дублинское ядро».

Дополнительно в БРМ включены элементы из категорий Educational и Classification стандарта LOM.

Из категории Educational в состав БРМ включены следующие наиболее часто применяемые для описания образовательных ресурсов поля метадаанных:

- Intended End User Role — предполагаемая роль конечного пользователя» (5.5 — Рис. 6.1),
- Context — контекст (5.6),
- Interactivity Level — уровень интерактивности (5.3),
- Typical Age Range — типичное время обучения (5.9).
- Cost — признак того, коммерческий это ресурс или свободный.

В частности эти элементы указывают, предназначен ли ресурс для обучающегося или преподавателя (учителя, тьютора), предполагается ли его использовать в школьном или вузовском контексте, предполагаемое среднее время обучения,

Из категории Classification (Классификация) в состав БРМ включены следующие поля метадаанных:

- Purpose — цель (9.1),
- Taxon Path — путь таксонов (9.2),
- Description — описание (9.3)

- Keyword — ключевое слово (9.4).

Эти поля предназначены для описания того, к каким классификационным системам относится образовательный ресурс.

Далее в состав БРМ добавлен элемент метаданных, определяющий, или среду/систему электронного обучения для исполнения/использования образовательного ресурса, или стандарт, в котором этот ресурс разработан:

- Learning management system — указание среды электронного обучения для образовательного ресурса (например, Moodle и BlackBoard) или стандарта, которому образовательный ресурс соответствует (например, SCORM).

Для исключения неоднозначности в названии полей метаданных, а также для удобства использования аппарата метаданных, включенные в состав БРМ элементы метаданных, разбиты на следующие категории:

- General (Основные характеристики),
- Technical (Технические характеристики),
- Educational (Образовательные характеристики),
- Classification (Классификация).

Обзор состава элементов БРМ представлен в Таб. 6.2, в которой содержится дополнительная информация об использовании словарей при выборе значений элементов метаданных, а также информация о свойствах повторяемости и факультативности элементов.

Рассмотрим описание элементов структуры таблицы:

- Элемент метаданных — определяет название элемента описания метаданных образовательного ресурса на русском языке.
- Элемент метаданных (англ) — определяет название элемента описания метаданных образовательного ресурса на английском языке для формирования описания в формате XML.
- Пространство имен — указывает название стандарта, из которого взят элемент метаданных описания образовательного ресурса (DC — Dublin Core или Дублинское ядро, LOM — Learning Object Metadata, A — добавлено коллективом авторов).
- Контроль по словарю — определяет каким образом заполняется данный элемент метаданных описания образовательного ресурса: произвольным образом или на основе фиксированного набора записей. В примечаниях к конкретным элементам метаданных указаны необходимые словари.

- Наличие — определяет обязательно ли наличие данного элемента в описании метаданных образовательного ресурса. Возможные значения: Обязательный (М)/Необязательный (О) / Определяется автоматически (А).
- Повторения — определяет допустимо ли повторение данного элемента метаданных в описании образовательного ресурса. Возможные значения: Повторяемый (R)/Единичный (N-R).

Таблица 6.2. Состав элементов метаданных, включенных в базовый репозиторий метаданных (БРМ) СРЦН.

Элемент метаданных	Элемент метаданных (англ.)	Пространство имен	Контроль по словарю	Наличие	Повторения
Основные характеристики	General	LOM	—	—	—
Название	General: Title	DC	НЕТ	М	R
Автор	General: Creator	DC	НЕТ	О	R
Тема	General: Subject	DC	ДА: Словарь системы ¹	О	R
Ключевое слово	General: Keyword	LOM	НЕТ	М	R
Описание	General: Description	LOM/DC	НЕТ	М	N-R
Данные о публикации или URL	General: Publisher	DC	НЕТ	М	N-R
Участник	General: Contributor	DC	НЕТ	М	R
Уровень иерархии	Aggregation Level	LOM	ДА: Словарь уровней иерархии для связанных ресурсов ²	М	R
Авторские права	General: Rights	DC	НЕТ	О	R
Идентификатор	General: Identifier	DC	НЕТ	М	N-R
Технические характеристики	Technical	LOM	—	—	—
Дата	Technical: Date	DC	НЕТ	М	N-R
Тип ресурса	Technical: Type	DC	ДА: Словарь типов образовательного ресурса ³	М	R
Тип формата ресурса	Technical: Format-Type	DC	ДА: Словарь форматов образовательного ресурса ⁴	М	R
Среда электронного обучения	Technical: Learning management system	A	ДА: Список LMS	О	N-R
Источник	Technical: Source	DC	НЕТ	М	N-R
Язык	Technical: Language	DC	ДА: Языковые коды	М	N-R
Страна	Technical: Coverage	DC	ДА: Словарь наименований стран	О	R
Размер	Technical: Size	LOM	НЕТ	А	N-R
Коммерческий	Technical: Cost	LOM	ДА: «ДА, НЕТ»	О	N-R
Образовательные характеристики	Educational	LOM			
Роль пользователя	Educational: Intended User Role	LOM	ДА: «Обучаемый, Учитель, Администратор»	О	R

Таблица 6.2 – Продолжение

Элемент метаданных	Элемент метаданных (англ.)	Пространство имен	Контроль по словарю	Наличие	Повторения
Уровень образования	Educational: Context	LOM	ДА: «Школа, Профессиональное обучение, Высшая школа, Дополнительное образование»	О	R
Уровень интерактивности	Educational: Interactivity Level	LOM	ДА: «очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий»	О	N- R
Типичное время обучения	Educational: Time	LOM	—	О	N-R
Отношение	Relation	LOM/DC	—	—	—
Вид отношения	Relation: Kind	LOM	ДА: Словарь вида отношения ⁵	О	R
Идентификатор ресурса	Relation: Identifier	LOM	ДА. Ссылка на ресурс из существующей коллекции образовательных ресурсов	О	R
Классификация	Classification	LOM	—	М	R
Цель	Classification: Purpose	LOM	ДА. Словарь целей классификации ⁶	М	N-R
Путь таксонов	Classification: Taxon Path	LOM	—	М	N-R
Источник	Classification: Taxon Path: source	LOM	ДА. ISCED, RFFI, UNESCO, ISCO, FOS, UDC	М	N-R
Идентификатор	Classification: ID	LOM	ДА. Согласно источнику	М	N-R
Значение	Classification: Entry	LOM	ДА. Согласно источнику	М	N-R
Описание	Classification: Description	LOM	НЕТ	М	N-R
Ключевое слово	Classification: Keyword	LOM	НЕТ	М	R

Рассмотрим пример описания образовательного ресурса с помощью определенного выше набора метаданных БРМ.

Пример описания образовательного ресурса, представлен в листинге 1.

¹Словарь названий тем из классификатора цифровых навыков

²Словарь уровней иерархии для связанных ресурсов: 1: неструктурированные данные или фрагменты данных, 2: Урок, 3: Учебный курс, 4: Учебная программа 5. Образовательная программа

³Словарь типов образовательного ресурса: Образовательный ресурс, Вспомогательный материал, Портал, Практика обучения, Кейс, Реферативный

⁴Словарь форматов образовательного ресурса: Электронный документ, веб-сайт, курс для среды электронного обучения, Печатный документ, Презентация, Оптический носитель, Аудио файл, Видео файл

⁵Словарь вида отношения: Часть ресурса, Версия ресурса, Вариант ресурса, Рекомендуется использовать с, Ссылка на, Основывается на, Является основой для, Требуется ресурс, Требуется для ресурса

⁶Словарь целей классификации: Учебный курс, Идея, Необходимые условия, Образовательная цель, Доступность, Ограничения, Уровень образования, Уровень безопасность, Компетентность

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<metadata xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
<brm>
  <general>
    <title>Введение в программирование</title>
    <creator>Ирина Баженова</creator>
    <creator>Владимир Сухомлин</creator>
    <subject>Программирование</subject>
    <keyword> структурированный язык </keyword>
    <keyword> суперкласс </keyword>
    <keyword> указатели </keyword>
    <keyword> элементы </keyword>
    <description>
      В курсе рассматриваются общие концепции разработки языков программирования. Подробно изучаются основные конструкции языков программирования, анализируются различные структуры данных, освещаются вопросы объектно-ориентированного программирования и сетевого программирования, дается краткий обзор компонентной технологии программирования. Особое внимание уделяется рассмотрению семантики языков программирования C++, C#, Java и Object Pascal.

      Курс содержит краткий обзор эволюции развития языков программирования. Вводится понятие среды программирования. Приводится применение НБФ-нотаций для описания синтаксиса языка. Несколько лекций посвящены рассмотрению основных конструкций языков программирования. Рассматривается синтаксис и семантика высокоуровневых языков программирования, включая языки C++, Pascal, Java, C#. Вводится понятие рекурсии; математических рекурсивных функций; приводятся примеры рекурсивных процедур. В курсе описываются основные структуры данных и проводится анализ их реализации в различных языках программирования. Определяются простые типы, массивы, записи и структуры. Рассматривается статическое и динамическое управление памятью, размещение в памяти различных типов данных. Описывается применение стеков, очередей, хеш-таблиц, графов и деревьев. Вводится понятие объектно-ориентированного программирования. Рассматриваются механизмы наследования, инкапсуляции и полиморфизма. Приводится сравнение объектно-ориентированной модели, используемой в языках C++, C#, Java и Object Pascal. Описываются правила использования объектных типов данных. Рассматривается событийно-управляемое и параллельное программирование. Курс вводит в круг вопросов, связанных с сетевым программированием. Рассматриваются аспекты применения языков программирования для Internet. Описывается применение прикладных программных интерфейсов (API), вводится понятие компонентной технологии.
    </description>
    <publisher>INTUIT.RU</publisher>
    <publisher>https://www.intuit.ru/studies/courses/27/27/info</publisher>
    <publisher>ISBN: 978-5-9556-0077-9</publisher>
    <contributor> INTUIT.RU </contributor>
  </general>
</brm>
</metadata>

```

```
<rights>ДА</rights>
</general>
<technical>
  <date>01.09.2010</date>
  <type>Образовательный ресурс</type>
  <format>веб-сайт</format>
  <language>RU</language>
  <coverage>Russian Federation</coverage>
  <cost>НЕТ</cost>
</technical>
<educational>
  <role>Обучаемый</role>
  <context> Высшая школа </context>
  <context> Дополнительное образование </context>
  <interactivityLevel> Высокий</interactivityLevel>
  <time>19:18:00</time>
</educational>
<relation>
  <kind> Рекомендуется использовать с </kind>
  <identifier> https://www.intuit.ru/studies/courses/17/17/info <identifier>
</relation>
<classification>
  <purpose>
    Учебный курс
  </purpose>
  <taxonPath>
    <source> ISCED </source>
    <ID> 551 </ID>
    <entry>
      Недостаточно для завершения уровня профессионального образования
    </entry>
  </taxonPath>
  <description>
    Учебный курс предназначен для дополнительного образования либо самообразования
  </description>
  <keywords>
    Дополнительное образование
  </keywords>
  <keywords>
    Самостоятельное обучение
  </keywords>
</classification>
<classification>
  <purpose>
    Учебный курс
  </purpose>
  <taxonPath>
```

```
<source> RFFI </source>
<ID> 07-365 </ID>
<entry>
  Специализированные методы и алгоритмы обработки и анализа больших данных
</entry>
</taxonPath>
<description>
  Учебный курс предназначен для изучения основ программирования
</description>
<keywords>
  Дополнительное образование
</keywords>
<keywords>
  Самостоятельное обучение
</keywords>
</classification>
</brm>
</metadata>
```

Листинг 1. Пример описания метаданных образовательного ресурса

В заключение подведем итоги проделанной в данной главе работы.

Анализ существующих стандартов для метаданных образовательных ресурсов показал, что наиболее полная и гибкая система описания метаданных образовательных ресурсов представлена в стандарте ISO/IEC 19788. Она и выбрана в качестве ориентира для описания сущностей в фонде образовательных ресурсов СРЦН. Однако, учитывая трудоемкость реализации спецификаций ISO/IEC 19788 в полном объеме, а также то, что сами спецификации находятся в состоянии развития, для создания фонда образовательных ресурсов СРЦН была выбрана стратегия поэтапной разработки репозитория метаданных.

На первом этапе разработан базовый расширяемый репозиторий метаданных образовательных ресурсов (БРМ ОР) для СРЦН на основе профилирования стандарта ISO/IEC 19788. с включением полного набора элементов метаданных Dublin Core (DCMES), а также частично набора элементов метаданных IEEE LOM, широко используемых на практике и легко портируемых в среду ISO/IEC 19788. В главе приведена спецификация БРМ с использованием в качестве языка привязки языка XML. На последующих этапах развития фонда образовательных ресурсов СРЦН БРМ может расширяться введением в него дополнительных элементов метаданных, необходимость которых будет выявлена в процессе использования СРЦН.

Глава 7

Методика проектирования образовательных ресурсов по спецификациям цифровых навыков в СРЦН

Как отмечалось ранее, целью настоящего исследования является разработка методических основ создания системы развития цифровых навыков или СРЦН, предназначенной для решения следующих основных задач:

1. Выявление, анализ, классификация, спецификация, каталогизация и сопровождение актуальных цифровых **навыков (ЦН)**, создание **фонда цифровых навыков (ФЦН)**.
2. Создание фонда **образовательных ресурсов (ОР)** и образовательных технологий, ориентированных на развитие актуальных навыков.
3. Реализация образовательных процессов подготовки актуальных навыков;
4. Реализация процессов сертификации и тестирования актуальных навыков;
5. Поддержка научно-исследовательской и инновационной деятельности в части кадрового обеспечения.

На рис. 7.1 представлена концептуальная модель СРЦН, иллюстрирующая ее назначение и основные функциональные блоки.

Представленная модель включает в качестве своих основных компонент фонд цифровых навыков (Фонд ЦН), фонд образовательных ресурсов (Фонд ОР), коммуникационную сеть для взаимодействия с пользователями, платформу поддержки подготовки научных и инновационных кадров (ОИТ-платформу).

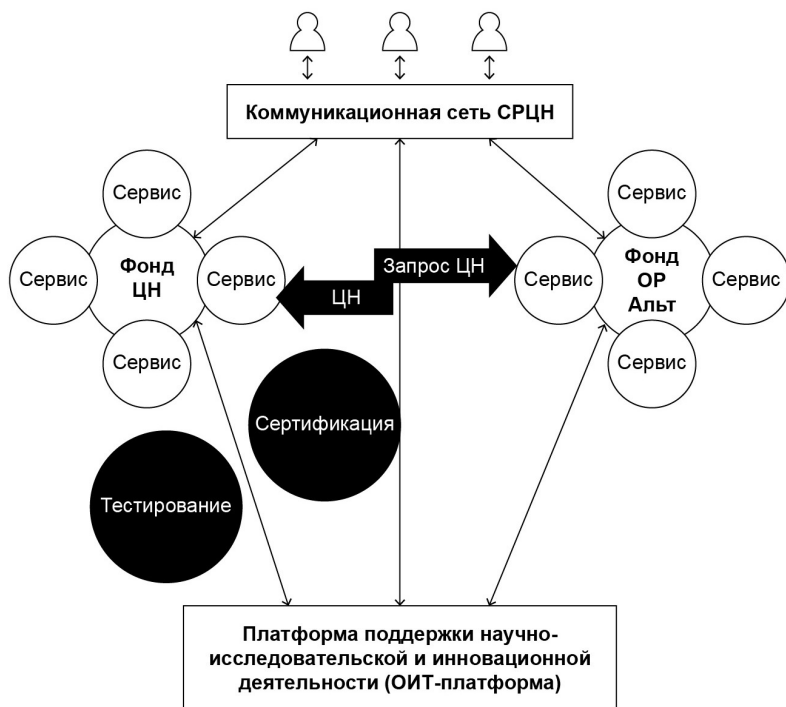


Рис. 7.1. Концептуальная модель СРЦН.

На этой модели показана взаимосвязь между спецификациями цифровых навыков и образовательными ресурсами, предназначенными для развития таких навыков с помощью образовательных процессов (ОП).

Рассмотрим общий методический подход к формированию содержания образовательных ресурсов по спецификациям цифровых навыков в СРЦН, в основе которого лежит анализ и сопоставление требований/компетенций цифровых навыков с целями/результатами обучения образовательных ресурсов, определенных в соответствующих целевых моделях ОР (учебных программ).

Как уже отмечалось, СРЦН ориентирована прежде всего на развитие системы дополнительного образования. То есть, предполагается, что кандидаты на вакансии, соотнесённые с конкретными навыками, имеют определенный уровень профессиональной подготовки, в значительной мере покрывающий общие требования/компетенции навыка.

В этом контексте проектирование образовательных ресурсов по спецификациям цифровых навыков реализуется с помощью итеративного процесса, включающего следующие основные шаги:

(1) анализ компонент спецификации навыка (общего описания, описания для заданного уровня ответственности, операционных навыков, требований навыка рабочего места);

(2) оценка соответствия кандидата на вакансию требованиям, заданным в спецификации цифрового навыка;

(3) выявление позиций, требующих дополнительной подготовки кандидата, и формирование на их основе **списка целей/компетенций дополнительной подготовки (СЦДП)**;

(4) разметка целей/компетенций из списка СЦДП значениями метапеременной уровня передачи обучения (см. раздел 6.6) с учетом уровня ответственности (L) данного навыка;

(5) группирование списка целей дополнительной подготовки в блоки по тематическому и/или методическому/техническому признаку;

(6) разработка архитектурного решения для всей совокупности модулей в программе дополнительной подготовки, определение состава основных и дополнительных модулей, а также временных ограничений и стоимости реализации всей программы;

(7) поиск в фонде ОР компонент, реализующих модули знаний, целевые модели которых в наибольшей степени соответствуют исходным блокам целей дополнительной подготовки;

(7') разработка новых компонент ОР в случае отсутствия таковых в фонде ОР;

(8) анализ соответствия между целями/компетенциями модулей текущей версии программы дополнительной подготовки целям/компетенциям из списка СЦДП и определение позиций, в которых не достигается должный уровень соответствия;

(9) определение, в случае несоответствия между целями/компетенциями модулей текущей версии программы дополнительной подготовки целям/компетенциям из списка СЦДП, способов устранения несоответствий посредством пересмотра состава учебных модулей, их содержания, содержания проектов, семинаров, лабораторных работ, практикумов и т.п., после чего переход на шаг (6);

(10) определение организационно-методических и технологических аспектов реализации учебной программы.

Таким образом, рассмотренная выше методика формирования контента образовательных программ и ресурсов по спецификациям цифровых навыков использует итерационный процесс анализа и сопоставления навыков/компетенций цифровых навыков с целями/результатами обучения образовательных ресурсов, определенных в соответствующих целевых моделях ОР и образовательных программ.

Подробнее вопросы построения, функционирования и состав текущей версии СРЦН ВМК МГУ & Базальт СПО рассматриваются в следующей главе.

Глава 8

Создание системы развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО

Вопросы формирования цифровых навыков рассматриваются как стратегические задачи национальной политики многих современных государств. Поэтому практически во всех развитых странах ведется большая работа в секторе образования и профессиональной подготовки, направленная на создание динамичной, гибкой и высококачественной системы формирования навыков, которая позволяла бы обучающимся получить знания и навыки, необходимые для полноценного участия в экономической деятельности общества и активной жизни в «цифровом мире».

СРЦН создаётся для развертывания актуальной образовательной системы, реализующей, в первую очередь, программы основного среднего, высшего и дополнительного образования, направленные на подготовку высококвалифицированных, инновационных и научных кадров в области ИТ, обладающих востребованными профессиональными цифровыми навыками. Также следует отметить, что в условиях инновационной экономики значительная часть организаций ИТ-отрасли испытывает большой дефицит в кадрах, часто называемых «цифровыми талантами» или просто талантами [100].

8.1 Состав базовых платформ СРЦН и их назначение

Создание информационно-технологического обеспечения СРЦН базируется на мультиплатформенном подходе, т.е. система проектируется как совокупность взаимосвязанных платформ и сервисов, дополняющих экосистему учащегося.

Состав базовых платформ представлен на Рис. 8.1.

Рассмотрим назначение и функции базовых платформ.

1. Методико-аналитическая платформа (МАП).

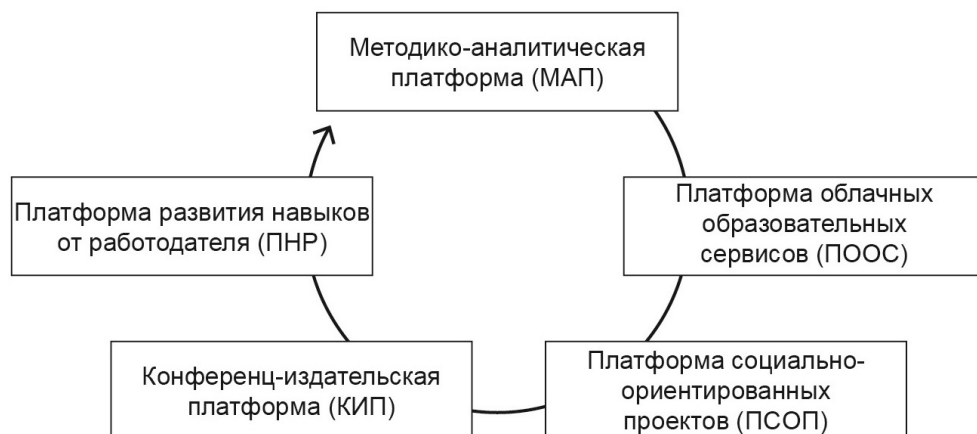


Рис. 8.1. Состав базовых платформ СРЦН на начало 2020 года

Платформа представляет собой интеграционную площадку, предназначенную для выполнения научно-методической и аналитической работы в интересах развития учебно-методического обеспечения и образовательных стандартов в области ИТ-образования; функционирует на основе консорциумного процесса, охватывающего вузы, компании, госорганизации, экспертов, учащихся; включает — порталы, сайты, интернет-ресурсы и тематические блоги соцсетей (прототипом платформы служил портал «ИТ-образование в России» — <http://it-edu.ru/>).

2. Платформа облачных образовательных сервисов (ПООС).

Платформа представляет собой набор облачных образовательных ресурсов и сервисов для поддержки и реализации учебных процессов. Информационной базой данной платформы служит фонд образовательных ресурсов (ФОР), используемых для развития навыков, при создании которого основной акцент делается на разработку и реализацию учебных программ дополнительного образования отраслевой ориентации в партнерстве с ведущими компаниями ИТ-отрасли. Первоочередными образовательными ресурсами для данной платформы стали программы, направленные на развитие навыков разработки масштабных Веб-приложений и приложений Интернета Вещей [101–103].

Данная платформа включает также еще две самостоятельные компоненты:

— облачный конфигурируемый вычислительный полигон для поддержки моделирования и вычислительных научных экспериментов, реализованный на основе грид-технологий [104];

— облачный сервис автоматической проверки сформированности профессиональных цифровых навыков [105, 106].

3. Платформа развития навыков с участием работодателя (ПНР).

Платформа является площадкой для взаимодействия с организациями-работодателями, предназначена для формирования фонда востребованных цифровых навыков (ФЦН), поддержки онлайн стажировок и онлайн практик с участием работодателей, а также для продвижения информации о компаниях ИТ-отрасли и их предложениях по вопросам трудоустройства. Данная платформа предназначена для управления взаимодействием с партнерами-работодателями.

Платформа поддерживает следующую информацию:

- реестр организаций-партнеров с информацией о партнерах;
- информационную базу спецификаций востребованных цифровых навыков/вакансий от работодателя;
- базу данных с описанием проектов и заданий для практико-ориентированной подготовки учащихся, включая средства оценки уровня сформированности навыков;
- личные кабинеты обучающихся, проходящих на данной платформе стажировку или практико-ориентированную подготовку;
- информационную базу истории и статистики для подсистемы анализа и мониторинга функционирования платформы.

Основными подсистемами данной платформы являются:

- подсистема взаимодействия с партнерами;
- подсистема взаимодействия с учащимися;
- подсистема реализации онлайн стажировок и онлайн практик с участием работодателей;
- подсистема управления информационной базой спецификаций цифровых навыков;
- подсистема анализа мониторинга, статистики и аудита;
- подсистема управления доступом к информационной базе платформы;
- подсистема поддержки информационной политики и рекламы.

4. Конференц-издательская платформа (КИП).

Платформа предназначена для поддержки научной и образовательной деятельности в области прикладной математики, компьютерных и информационных наук. Данная платформа представляет собой инфраструктурное решение, включающее комплекс средств организационно-методического, информационного и технологического обеспечения. Она предназначена для интенсификации и повышения качества исследований, инноваций, научной коммуникации и подготовки научных кадров в указанных областях знаний. Особенностью функционирования такой платформы является использование в качестве регулярного источника научной продукции пакета высокорейтинговых тематических конференций, проводимых на ее основе с регулярной периодичностью, а в качестве инструментов поддержки научной коммуникации, научных СМИ, рецензирования и распространения научной продукции использование специализированных научных журналов, созданных на принципах концепции открытого доступа.

Научная периодика и высокорейтинговые научные конференции, непосредственно связанные с системой подготовки продвинутых кадров по наукоемким имеющим значительный инновационный потенциал направлениям, служат эффективным инструментом вовлечения ученых, разработчиков, учащихся и преподавательский состав вузов в научно-исследовательскую и инновационную деятельность, способствуют интеграции усилий и обмену опытом в перспективных областях науки, техники, образования, и в целом способствуют повышению качества образовательных процессов.

За основу данного решения принята платформа, созданная на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова, именуемая ОИТ-платформа [107], которая расширена соответствующими информационными ресурсами ООО «Базальт СПО» и проводимыми им мероприятиями.

Более подробно ОИТ-платформа рассмотрена в разделе 8.2.

5. Платформа социально-ориентированных проектов (ПСОП).

Одной из компонент данной платформы является образовательное облако ОИТ_ВМК — РООИ_СТРАТЕГИЯ — виртуальный университет для развития цифровых навыков людей с инвалидностью [108, 109]. Особенностью данного проекта является то, что он направлен не только на повышение «информационной грамотности» людей с инвалидностью, а также преследует цель отбора среди слушателей склонных и способных к профессиональной работе в области ИТ, и их подготовки для работы в компаниях ИТ-отрасли. В настоящее время основной процесса обучения является специализированный образовательный портал/облако «Стратегия» (<http://www.ooi.ru>), включающий широкий спектр курсов и соответствующих учебно-методических комплексов (УМК). При этом предлагаемые курсы характеризуются легкой адаптацией для слушателей разного уровня подготовки, благодаря структурированию их по уровням сложности. Для удобства слушателей и повышения эффективности освоения учебного материала УМК включают видеокурсы. Обучение людей с инвалидностью бесплатное. Данная образовательная технология разработана и поддерживается специалистами лаборатории ОИТ ВМК.

8.2 Состав, структура, основные принципы создания и функционирования ОИТ-платформы

ОИТ-платформа создавалась как целостный комплекс средств организационно-методического, информационного и технологического обеспечения в интересах повышения качества научной и образовательной деятельности, как факультета ВМК МГУ, так и всего университетского и научного сообщества в таких областях, как, прикладная математика, теоретическая информатика, конвергентные когнитивно-информационные технологии и их приложения. В частности, ОИТ-платформа создавалась для поддержки:

- проведения научных мероприятий (форумов, тематических конференций, симпозиумов, семинаров);
- публикации научных результатов в научных периодических журналах и сборниках трудов;
- формирования и сопровождения информационных ресурсов научно-образовательного характера (архивов статей, библиотек лучшей образовательной практики и инновационных педагогических решений, архивов студенческих проектов и т.п.);
- распространения исследовательских результатов и продуктов в научном сообществе.

При создании ОИТ-платформы значительное внимание уделялось поддержке научной периодики и научных конференций, которые служили и служат эффективным инструментом развития научного знания, вовлечения научных кадров, учащихся и преподавательского состава в научно-исследовательскую и инновационную деятельность.

Структурно ОИТ-платформу можно представить как набор следующих взаимосвязанных функциональных компонент (блоков):

- Научно-методическое руководство и научная экспертиза (НМРНЭ)
- Бизнес-процессы научных мероприятий (БПНМ)
- Научные издания и коммуникация (НИК) или издательский блок
- Процессы индексации, распространения и оценки эффективности издательской деятельности (ИРОЭ)
- Информационную базу научных мероприятий и периодических изданий
- Коммуникационную сеть пользователей ОИТ-платформы.

Структура ОИТ-платформы показана на рис. 8.2.

Рассмотрим подробнее строительные блоки ОИТ-платформы.

1. Научно-методическое руководство и научная экспертиза (НМРНЭ).

Блок НМРНЭ состоит из советов экспертов и включает следующие виды Советов:

- Редакционные советы издаваемых научных журналов, входящих в состав ОИТ-платформы (журналы рассмотрены ниже).
- Организационные и программные комитеты ежегодных международных тематических конференций (в частности, трех базовых конференций, рассмотренных ниже).
- Совет членов Федеральных учебно-методических объединений по направлениям подготовки 01.00.02 «Прикладная математика и информатика» и 02.00.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», а также сопутствующим направлениям.

Основными задачами блока НМРНЭ являются:

- определение стратегии научно-образовательной деятельности на базе ОИТ-платформы;
- разработка тематики и бизнес-процессов научных мероприятий, а также организационно-методическое руководство их проведением;



Рис. 8.2. Структура ОИТ-платформы.

- рецензирование и экспертиза научной продукции (докладов и сообщений конференций, статей и препринтов периодических журналов, а в перспективе — исследовательской продукции во внешних специализированных репозиториях);
- разработка и рецензирование учебно-методических материалов по линии деятельности ФУМО.

Численный состав экспертов блока НМРНЭ включает более 60 экспертов — известных ученых и специалистов.

2. Бизнес-процессы научных мероприятий (БПНМ).

С целью интенсификации производства научной продукции в рамках ОИТ-платформы широко используются классические для традиционной науки механизмы - научные мероприятия: конференции, симпозиумы, семинары и пр. Особенностью рассматриваемого подхода являются следующие принципы:

- тщательное планирование пакета научных мероприятий экспертными советами;
- разработка бизнес-процессов и пресс-релизов мероприятий (конференций) с учетом анализа актуальности текущих и перспективных научных и прикладных проблем, а также проблем подготовки кадров;

— планирование пакета базовых тематических конференций и проведение их с регулярной периодичностью (обычно ежегодной), что позволяет исследователям публиковать и промежуточные результаты своих исследований;

— согласованность тематики (состава секций) проводимых конференций с рубриками издаваемых в рамках Платформы научных журналов;

В состав пакета базовых тематических конференций входят следующие конференции (<http://it-edu.oit.smc.msu.ru>):

1. Ежегодная международная научная конференция «Конвергентные когнитивно-информационные технологии».
2. Ежегодная международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование».
3. Ежегодная международная Интернет-конференция-конкурс «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе ИТ-образования».

Рассмотрим кратко назначение базовых конференций:

— **Ежегодная международная научная конференция «Конвергентные когнитивно-информационные технологии».**

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КОНФЕРЕНЦИИ

Конференция предназначена для интеграции усилий учёных и специалистов разных стран с целью повышения эффективности исследовательской деятельности и ускорения практического освоения научного и технологического потенциала когнитивно-информационных технологий (ККИТ) в науке, технологиях, экономике, подготовке научных кадров.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ (СЕКЦИИ)

Теоретические вопросы информатики, вычислительной математики, компьютерных наук и когнитивно-информационных технологий. Параллельное и распределенное программирование, грид-технологии, программирование на графических процессорах. Когнитивные информационные технологии в системах управления. Большие данные и приложения. Интернет вещей: стандарты, коммуникационные и информационные технологии, сетевые приложения. Умные города: стандарты, когнитивно-информационные технологии и их приложения. Когнитивно-информационные технологии в цифровой экономике. Цифровая трансформация транспорта. Прикладные проблемы оптимизации.

— **Ежегодная международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование»**

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КОНФЕРЕНЦИИ

Способствовать научным исследованиям в области теоретической информатики, прикладной математики и компьютерных наук, направленным на развитие научных основ ИКТ. Способствовать развитию научно-исследовательской и инновационной деятельности в области ККИТ. Способствовать развитию процессов и технологий информатизации образования, учебно-методического обеспечения национальной системы ИТ-образования, а также продвижению инновационных

педагогических решений на основе использования ККИТ. Способствовать исследованиям и обмену опытом в области открытого непрерывного и сетевого образования на основе использования методов и технологий электронного и мобильного обучения, инновационных образовательных и инструментальных технологий.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ (СЕКЦИИ)

ИТ-образование: методология, методическое обеспечение; E-learning и ИТ в образовании. Образовательные ресурсы и лучшая практика ИТ-образования. Исследования и разработки в области новых ИТ и их приложений. Научное программное обеспечение в образовании и науке. Школьное образование по информатике и ИКТ. Экономическая информатика. Инновационные информационно-педагогические технологии в системе ИТ-образования.

— **Ежегодная международная Интернет-конференция-конкурс «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе ИТ-образования».**

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КОНФЕРЕНЦИИ-КОНКУРСА

Поддержка и стимулирование педагогического творчества вузовских преподавателей, школьных учителей и педагогов системы дополнительного образования, а также аккумуляция и пропаганда лучшей педагогической практики в условиях глобальной информатизации общества и системы образования. Создание постоянно действующей профессионально-ориентированной информационной технологии для формирования и развития общедоступной электронной библиотеки лучшей преподавательской практики и инновационных педагогических решений, использующих новые информационные технологии в образовании.

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ-КОНКУРСА (СЕКЦИИ)

1. Теоретические и учебно-методические решения в непрерывном образовании (включая школьное, среднее профессиональное, высшее профессиональное, дополнительное ИТ-образование, самообразование);
2. Информационно-педагогические технологии в ИТ-образовании (развитие профессиональных ИТ-навыков);
3. Информационно-педагогические технологии в предметных областях

Характерной особенностью данной конференцией является ее ориентированность на высокотехнологичные решения и упрощённый формат представления материала, не требующий доведение его до статейного уровня. Единственное требование к оформлению представляемого материала — это ввод минимально необходимой метаинформации, включая: название проекта, информацию об авторе(ах), аннотацию (не более четверти страницы), ключевые слова, краткое описание (реферат) концепции работы (текст, объёмом от 1 до 10 страниц). Основное содержание конкурсной работы представляется в виде контейнера с представляемым на конкурс образовательным ресурсом или ссылки на него в облачном хранилище.

Конференции, проводимые совместно с «Базальт СПО»:

Ежегодная конференция разработчиков свободных программ;

Ежегодная конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе».

3. Научные издания и коммуникация (НИК).

Издательский блок ОИТ-Платформы производит два вида научных изданий:

— **периодические и непериодические.**

К непериодическим относятся сборники научных трудов конференций (Scopus, Web of Science), издаваемые по решению программных комитетов конференций.

К периодическим произведениям относятся научные журналы:

— **Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование»:** http://elibrary.ru/title_about.asp?id=52785, <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO> .

— **Международный научный журнал «International Journal of Open Information Technologies»:** www.injoit.ru.

Дадим краткую характеристику журналов:

— **Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование» (ISSN 2411-1473)**

Журнал публикует работы, посвящённые вопросам прикладной математики и теоретической информатики, исследованию теоретических основ компьютерной науки, развития новых информационных технологий, а также инновационным решениям и стандартам в сфере подготовки высокопрофессиональных и научных кадров для области ИТ и её приложений. Журнал предназначен для интеграции усилий академической общественности и специалистов разных стран с целью повышения эффективности исследовательской деятельности в области ключевых технологий цифровой экономики и их приложений, а также в разработке инновационных моделей и технологий развития цифровых навыков цифровой экономики.

Журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК) по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

01.01.02 – Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление (физико-математические науки).

01.01.07 – Вычислительная математика (физико-математические науки).

01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика (физико-математические науки).

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) (физико-математические науки), (технические науки).

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (физико-математические науки), (технические науки).

05.13.17 – Теоретические основы информатики (физико-математические науки), (технические науки).

05.13.18 – Математическое моделирование численные методы и комплексы программ (технические науки).

13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования) (педагогические науки).

13.00.08 – Теория и методика профессионального образования (педагогические науки).

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-66450 от 14 июля 2016 года.

Периодичность издания — 4 раза в год.

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 70454.

Тематические рубрики:

- Теоретические вопросы информатики, прикладной математики, компьютерных наук и когнитивно-информационных технологий;
- Параллельное и распределенное программирование, грид-технологии, программирование на графических процессорах;
- Когнитивные информационные технологии в системах управления;
- Большие данные и их приложения;
- Интернет вещей: стандарты, коммуникационные и информационные технологии, сетевые приложения;
- Умные города: стандарты, когнитивно-информационные технологии и их приложения;
- Когнитивно-информационные технологии в цифровой экономике;
- Прикладные проблемы оптимизации;
- Цифровая трансформация транспорта;
- ИТ-образование: методология, методическое обеспечение;
- E-learning, информационные технологии в образовании;
- Образовательные ресурсы и лучшая практика ИТ-образования;
- Исследования и разработки в области новых информационных технологий и их приложений;

- Научное программное обеспечение в образовании и науке;
- Школьное образование по информатике и информационным технологиям;
- Экономическая информатика.

– **Международный научный журнал «International Journal of Open Information Technologies» (сетевое издание) (ISSN 2307-8162)**

Журнал «International Journal of Open Information Technologies» (INJOIT) публикует статьи по научным и прикладным аспектам теоретической информатики, прикладной математики, программирования, вычислительной техники, информационных и коммуникационных технологий, а также по вопросам подготовки научных и высококвалифицированных кадров по указанным направлениям.

Журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК) по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика (физико-математические науки)

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) (физико-математические науки), (технические науки)

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (физико-математические науки), (технические науки)

05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети (физико-математические науки), (технические науки)

05.13.17 – Теоретические основы информатики (физико-математические науки), (технические науки)

05.13.18 – Математическое моделирование численные методы и комплексы программ (физико-математические науки), (технические науки)

05.13.19 – Методы и системы защиты информации, информационная безопасность (физико-математические науки), (технические науки)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-66448 от 14 июля 2016 года.

Издается с марта 2013 года.

Периодичность издания — 12 раз в год.

Тематические рубрики:

- Прикладная математика;
- Математическое моделирование процессов и систем;
- Теоретическая информатика и компьютерные науки;
- Современные вопросы программирования;
- Исследование и разработка открытых информационных технологий, ресурсов и услуг глобальной информационной инфраструктуры;
- Научное программное обеспечение в образовании и науке;
- Большие данные и их приложения;
- Распределенные вычислительные и информационно-управляющие системы;
- Телекоммуникационные технологии и компьютерные сети.

По данным ElibRARY.ru, опубликовавшего 20 августа 2019 года новую статистику за 2018 год, журнал открытого доступа INJOIT стал первым кибернетическим журналом в стране:

- Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2018 год по тематике «Кибернетика» — 1
- Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2018 год по тематике «Автоматика. Вычислительная техника» — 6.

Рассмотренные журналы функционируют как периодические научные издания и, в то же время, используются для публикации статей, подготовленных авторами на основе трудов конференций, рассмотренных в 2.3.

Еще один вид публикаций, издаваемых издательским блоком — выпуск электронного журнала с трудами конференции, индексируемого в базе данных РИНЦ.

К непериодическим произведениям, выпускаемым издательским блоком, относятся сборники научных трудов конференций, индексируемые в наукометрических базах данных Scopus и Web of Science. Такие сборники выпускаются по решению программных комитетов конференций и издаются с помощью реализации специальных технологических сценариев взаимодействия с компаниями, ответственными за сопровождения указанных баз.

4. Индексация, распространение и оценка эффективности издательской деятельности (ИРОЭ).

Данный функционал ОИТ-платформы отвечает за реализацию следующих первоочередных процессов:

- Заключение договора и лицензионного соглашения с руководством информационной базы eLibrary.ru на включение сериальных изданий в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- Размещение в РИНЦ метаданных трудов конференции.
- Передача электронных версий и метаданных номеров журналов в РИНЦ.
- Постатейная загрузка в eLibrary.ru содержания индексируемых номеров журналов.

Индексация журналов в eLibrary.ru обеспечивает возможность открытого доступа пользователей к информации о журналах, их содержания и опубликованных статей, а также возможность получения показателей цитируемости и другие библиометрические характеристики издания.

В соответствии с условиями договора издатель (лицензиар — фонд «Лига интернет-медиа») передает eLibrary.ru (лицензиату) простую неисключительную лицензию на использование передаваемых материалов с целью предоставления пользователям интернета полных текстов и/или библиографических (библиометрических) сведений об издании.

Загрузка метаданных выпуска журнала и его содержания выполняется стандартным образом через специальный интерфейс eLibrary.ru.

Следующим этапом работ блока индексирования является выполнение примерно аналогичных процессов по загрузке метаданных и контента журналов в другие базы индексов. В частности:

- Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование», кроме РИНЦ, индексируется и архивируется в: международной базе журналов открытого доступа Directory of Open Access Journals (DOAJ), международной реферативной базе периодических печатных изданий Ulrichsweb Global Serials Directory, международной базе открытых публикаций Google Академия, реферативной базе по гуманитарным и социальным наукам European Reference Index for the Humanities (ERIH PLUS), наукометрической базе данных Index Copernicus International.
- Международный научный журнал «International Journal of Open Information Technologies», кроме РИНЦ, индексируется и архивируется в: международной базе журналов открытого доступа Directory of Open Access Journals (DOAJ), международной реферативной базе периодических печатных изданий Ulrichsweb Global Serials Directory, международной базе открытых публикаций Google Академия, международной наукометрической базе научных журналов Academic Resource Index ResearchBib.

Процессы индексации метаданных и контента научных журналов играют важную роль в продвижении научной продукции в научном сообществе, в мониторинге и рецензировании научных решений широкой общественностью, в по-

вторном использовании научных результатов, а также служат основой для оценки эффективности научной продукции, деятельности самих издательских инструментов.

5. Информационная база научных мероприятий и периодических изданий.

Основу информационной базы ОИТ-платформы составляет целостная система веб-сайтов конференций и журналов, реализованная на основе концептуально согласованных продуктов некоммерческого исследовательского проекта Public Knowledge Project [110], осуществляемого с целью поддержки на практике концепции открытого доступа к науке:

- открытого программного обеспечения Open Journal Systems (OJS, «Открытые журнальные системы») [111], с помощью которого созданы сайты обоих журналов ОИТ-платформы,
- и открытого программного обеспечения Open Conference Systems (OCS, «Открытые конференц-системы») [112], с помощью которого созданы веб-сайты рассмотренных выше базовых научных конференций.

Веб-сайтами журналов ОИТ-платформы являются:

1. Официальный сайт Международного научного журнала «Современные информационные технологии и ИТ-образование»: <http://sitito.cs.msu.ru>.
2. Официальный сайт Международного научного журнала «International Journal of Open Information Technologies»: <http://injoit.ru>.

В состав веб-сайтов базовых тематических конференций ОИТ-платформы входят (<http://it-edu.oit.cmc.msu.ru>):

1. Официальный сайт Ежегодной международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (ККИТ): http://it-edu.oit.cmc.msu.ru/files/Information_Convergent_MSU.pdf;
2. Официальный сайт Ежегодной международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование»: http://it-edu.oit.cmc.msu.ru/files/Information_SITITO_MSU.pdf;
3. Официальный сайт Ежегодной международной Интернет-конференция-конкурса «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе ИТ-образования»: <http://it-edu.oit.cmc.msu.ru/index.php/IP/>

Помимо концептуальной, информационной и технологической целостности, использование данных технологий проекта РКР дает возможность апробировать на практике некоторые новые возможности для активизации научной деятельности, как, например, открытое рецензирование статей и докладов, публикацию

препринтов статей, организацию форумов для обсуждения статей и рецензий на статьи и т.п. Также они поддерживают режимы управление контентом сайтов журналов и конференций, предоставляющие максимальную доступность к научным статьям, материалам конференций, их архивам, что согласуется с концепцией открытого доступа.

6. Коммуникационная сеть пользователей ОИТ-платформы.

Коммуникационная сеть ОИТ-платформы обеспечивает возможность взаимодействия с пользователями, исполняющими различные роли. Это могут быть:

- авторы статей журналов,
- рецензенты статей журналов,
- читатели журналов,
- администраторы сайтов журналов,
- авторы докладов конференций,
- участники конференций,
- администраторы секций конференций,
- рецензенты докладов и др.
- незарегистрированные пользователи и т.д.

Предлагаемый интерфейс ОИТ-платформы обеспечивает легкий и управляемый доступ к ее информационным ресурсам, включая:

- журнальную продукцию (метаданные, статьи, препринты, отзывы на статьи, метаданные рецензентов),
- материалы конференций (доклады, рецензии на доклады, справочная информация),
- содержимое архивов журналов и конференций.

При регистрации на ОИТ-платформе каждый пользователь получает личный кабинет, через который может устанавливать свою роль (читатель, автор, рецензент), параметры управления доступом к информации, загружать информацию в базы данных ОИТ-платформы, взаимодействовать с администраторами разного уровня, устанавливать различные формы взаимодействия с другими пользователями платформы (форумы для обсуждения опубликованных статей, докладов, рецензий и т.п.).

В дальнейшем планируется расширение коммуникационных возможностей между пользователями ОИТ-платформы с тем, чтобы обеспечить достижения максимальной степени сотрудничества в продвижении научной продукции.

Заключение

В данной книге изложены материалы, являющиеся итогом исследования современных методологических решений и стандартов, связанных с классификацией и описанием профессиональных ролей (навыков/компетенций/профессий/профилей) в области информационных технологий и их приложений, а также — аналогичных аспектов, касающихся инструментов системы образования, таких как образовательные программы и ресурсы, предназначенные для развития ИТ-навыков/компетенций.

Цель такого исследования состояла в том, чтобы сформировать необходимые концептуальные и методические решения для опытно-конструкторской работы по созданию системы развития цифровых навыков (СРЦН), востребованных в цифровой экономике, на основе формального университетского образования, а также различных форм дополнительного образования, в том числе и с участием работодателя.

Как отмечалось в начале книги, концепция навыков (skills) и, прежде всего, цифровых навыков, становится доминирующей в сфере управления трудовыми ресурсами цифровой экономики, а задача развития навыков, необходимых для участия в цифровой экономике и цифровом обществе, становится в ряд важнейших задач современного социума. Она требует организации процессов выявления актуальных общих и специализированных цифровых навыков и организации образовательных процессов для обучения этим навыкам, посредством развития потенциала образовательных и обучающих систем, используя инструменты дополнительного образования, непрерывного обучения и обучения на рабочем месте.

Выполненные исследования позволили обосновать и разработать принципиальные решения по созданию СРЦН, ориентированной на подготовку высококвалифицированных специалистов, инновационных и научных кадров (цифровых талантов) в области компьютерных и информационных наук и их приложений.

Кратко сформулируем основные результаты этого исследования:

1. Исследованы методические аспекты, связанные с понятием навыка (skill), рассмотрены основные свойства навыков, предложена общая классификация цифровых навыков. Разработана метамодель для определения цифровых **навыков рабочего места**, отражающая функционал, динамику раз-

вития, многомерность данного понятия. Данная метамодель используется в дальнейшем для определения способов описания цифровых навыков и их профилей, которые могут выступать объектами хранения в фонде цифровых навыков СРЦН (ФЦН).

2. Проведен анализ наиболее известных фреймворков для описания ролей/навыков/компетенций в области ИТ, широко применяемых в сфере кадрового менеджмента, включая: Skills Framework for the Information Age (SFIA — Система навыков для информационного века) [9], The European e-Competence Framework (e-CF — Европейская рамка электронной компетенции Европейского Союза) [10], The i Competency Dictionary, the Information Technology Promotion Agency (IPA) (iCD — словарь компетенций, разработанный Агентством по продвижению информационных технологий Японии) [11]. Также рассмотрены вопросы использования отечественных профстандартов в области ИТ. Обоснован выбор для целей создания СРЦН в качестве базовой системы классификации и справочника навыков подхода SFIA, характеризующегося ясностью концепции, простотой использования для широкого круга пользователей, гибкостью описательных возможностей, быстрыми темпами развития и актуализации, широким распространением в мировой практике.
3. Предложен метод описания цифровых навыков, разработанный на основе введенной ранее метамодели навыка рабочего места и названный **SV-нотацией**. В основе этого метода лежит использование для спецификации цифровых навыков типовой структуры с фиксированным набором элементов и заданной семантикой, названной **SV-вектором** (Skill/Vacancy-vector). При этом SV-вектор сконструирован так, что включает в себя модель представления навыка в подходе SFIA, и, таким образом, позволяет использовать в СРЦН весь методический аппарат и справочник навыков SFIA.

Над множеством SV-векторов введены: операция профилирования SV-векторов для конструирования нового SV-вектора (навыка) посредством агрегации спецификаций однородных элементов навыков-операндов; операция объединения SV-векторов в множество, которое представляется SV-вектором специального вида, называемым **метанавыком**. Используя метанавыки, можно формировать иерархические структуры навыков, определяющие системы навыков организаций, подразделений, проектов и т.п. Также определены два способа конкретизации навыка дополнением его описания описанием контекста рабочего места. Еще одна особенность SV-нотации состоит в том, что в структуру SV-вектора введен элемент «Онтологические связи», предназначенный для хранения связей (отношений) между навыками фонда ФЦН и обработки их инструментами онтологических движков.

4. Выполнен сравнительный анализ современной системы международных стандартов учебно-методических руководств для преподавателей и учащихся-

ся, предназначенных для разработки образовательных программ по конкретным направлениям подготовки и называемых в международной практике куррикулумами. На основе анализа этих куррикулов предложена полная целевая модель описания образовательных программ/ресурсов в виде иерархической структуры определяемых в них результатов обучения.

5. Рассмотрены методы классификации основных инструментов развития навыков, а именно, образовательных программ и ресурсов, которые могут использоваться при создании фондов образовательных ресурсов. В частности, рассмотрены: Международная стандартная классификация образования (МСКО) и ее понятийный аппарат, включая классификацию по уровню образования и классификацию по областям образования; классификатор РФФИ, определяющий классификацию научных областей раздела 07 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ; Общероссийский классификатор специальностей по образованию ОК 009-2016 и др.
6. Приведен анализ международных стандартов метаданных образовательных ресурсов, играющих важную роль при создании фонда образовательных ресурсов для достижения целей повторной используемости и интероперабельности образовательных ресурсов, построения гибких динамических систем их классификации. На основе этого анализа для реализации СРЦН первой очереди разработан базовый расширяемый репозиторий метаданных образовательных ресурсов посредством профилирования стандарта ISO/IEC 19788 с включением полного набора элементов метаданных Dublin Core (DCMES), а также частичного набора элементов метаданных IEEE LOM. Приведена спецификация базового репозитория метаданных с использованием в качестве языка привязки языка XML.
7. Предложена концептуальная модель СРЦН, включающая в качестве своих основных компонент: фонд цифровых навыков, фонд образовательных ресурсов, систему коммуникационной взаимосвязи с пользователями, конференц-издательскую платформу для поддержки подготовки научных кадров. На этой модели показана взаимосвязь между спецификациями цифровых навыков и образовательными ресурсами, предназначенными для развития таких навыков. Рассмотрена методика формирования содержания образовательных программ и ресурсов по спецификациям цифровых навыков в СРЦН, в основе которой лежит итерационный процесс анализа и сопоставления навыков/компетенций цифровых навыков с целями/результатами обучения образовательных ресурсов, определенных в соответствующих целевых моделях образовательных программ и ресурсов.
8. Предложена архитектура СРЦН, как образовательной системы, реализующей программы дополнительного и магистерского образования, направленные на подготовку высококвалифицированных, инновационных и науч-

ных кадров в области ИТ, обладающих востребованными профессиональными цифровыми навыками. Архитектура СРЦН представлена в виде системы взаимосвязанных проблемно-ориентированных платформ. Определены принципы функционирования платформ СПРН.

9. Детально рассмотрены концепция, принципы построения и функционирование конференц-издательской платформы, предназначенной для поддержки научной и образовательной деятельности в области прикладной математики, компьютерных и информационных наук, которая создана на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова [107] и реализованной авторским коллективом. Данная платформа выбрана в качестве одной из базовых компонент СРЦН.

Литература

- [1] OECD Ministerial Declaration on the Digital Economy: Innovation, Growth and Social Prosperity («Cancun declaration»). Cancun — Mexico, June 21–23, 2016. URL: <http://www.oecd.org/sti/ieconomy/Digital-Economy-Ministerial-Declaration-2016.pdf>.
- [2] Послание Президента Федеральному Собранию. 1 декабря 2016. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/53379>.
- [3] *David P. A.* Understanding the emergence of ‘open science’ institutions: functionalist economics in historical context // *Industrial and Corporate Change*. 2004. Vol. 13, Issue 4. Pp. 571–589. doi: 10.1093/icc/dth023
- [4] *Цветков В. Я.* Неявное знание и его разновидности // *Вестник Мордовского университета*. 2014. № 3. С. 199–205. doi: 10.15507/VMU.024.201403.207
- [5] Колин К. К., Урсул А. Д. *Информация и культура. Введение в информационную культурологию*. — М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2015. — 300 с.
- [6] Европейская квалификационная рамка для обучения в течение всей жизни (EQF). Европейская комиссия, 2008. doi: 10.2766/14352
- [7] *Вольпян Н. С., Тихомиров В. В., Разгулин А. В., Парчевская Л. Н., Сергеев С. Ф., Харитонова И. Ю., Чернышенко С. В.*, Проектирование секторальных рамок квалификации в области «Информатика»: учебно-методическое пособие. М.: МАКС Пресс, 2015. 218 с.
- [8] ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10000-3-99 «Информационная технология. Основы и таксономия международных функциональных стандартов. Часть 3. Принципы и таксономия профилей среды открытых систем».
- [9] SFIA — Skills Framework for the Information Age. URL: <https://www.sfia-online.org/en>
- [10] European e-Competence Framework 3.0. URL: <http://www.ecompetences.eu/e-cf-3-0-download/>

- [11] *Hayashiguchi E., Endou O., Impagliazzo J.* The “i Competency Dictionary” Framework for IT Engineering Education // 2018 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE). Buenos Aires, 2018. Pp. 1–6. doi: 10.1109/EDUNINE.2018.8450945
- [12] Профессиональные стандарты [Электронный ресурс] // URL: <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-oblastey-i-vidov-professionalnoy-deyatelnosti/>
- [13] WorldSkills Standards Specifications. URL: <https://worldskills.org/what/projects/wsss>
- [14] List of Bodies of Knowledge // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/bodies-of-knowledge/list-of-bodies-of-knowledge>
- [15] *Сухомлин В. А.* Международные образовательные стандарты в области информационных технологий // Прикладная информатика. 2012, № 1(37). С. 33–54.
- [16] *Позднеев Б. М., Тихомирова В. Д.* Стандартизация метаданных электронных образовательных ресурсов // Открытое образование. 2015. № 1. С. 55–59. doi: 10.21686/1818-4243-2015-1(108-55-59)
- [17] *Соколов И. А., Сухомлин В. А., Зубарева Е. В., Намиот Д. Е.* Платформа поддержки исследований и подготовки научных кадров факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 2. С. 456–467. doi: 10.25559/SITITO.15.201902.456-467
- [18] *Сухомлин В. А.* Введение в анализ информационных технологий. Учебник для вузов. Горячая линия — Телеком. 2003. 427 с.
- [19] *Сухомлин В. А., Зубарева Е. В., Якушин А. В.* Методологические аспекты концепции цифровых навыков // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13, № 2. С. 146–152. doi: 10.25559/SITITO.2017.2.253
- [20] *Дрожжинов В. И.* SFIA — система профессиональных стандартов в сфере ИТ эпохи цифровой экономики // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13, № 1. С. 132–143. doi: 10.25559/SITITO.2017.1.466
- [21] European e-Competence Framework. URL: <https://www.ecompetences.eu>

- [22] IPA: IT Human Resources Development: i Competency Dictionary // Information-technology Promotion Agency, Japan. URL: <https://www.ipa.go.jp/english/humandev/icd.html>
- [23] SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en>
- [24] Reference and guide to SFIA version 7. Framework status: Current standard // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/framework/sfia-7>
- [25] SFIA and the Digital, Data and Technology collaboration // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/sfia-ddat-collaboration>
- [26] SFIA — EU ICT Role Profiles // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/sfia-and-eu-ict-role-profiles>
- [27] Digital Transformation skills in SFIA // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/sfia-views/sfia-7-for-digital-transformation>
- [28] DevOps skills in SFIA // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/sfia-views/devops-skills-in-sfia>
- [29] Big Data / Data Science skills in SFIA // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/sfia-views/big-data-data-science-skills-in-sfia>
- [30] Software Engineering competencies // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/sfia-views/sfia-7-software-engineering-competencies>
- [31] Skills Assessment // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/using-sfia/skills-assessment>
- [32] Self-assessment guidelines // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/using-sfia/self-assessment>
- [33] SFIA and Bodies of Knowledge // SFIA Foundation. URL: <https://www.sfia-online.org/en/tools-and-resources/bodies-of-knowledge>
- [34] *Bourque P., Fairley R. E.* Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK(R)): Version 3.0 (3rd ed.). IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 2014.
- [35] Enterprise Information Technology Body of Knowledge (EITBOK). IEEE, 2017.

- [36] Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK). SEBoK v. 2.1, released 31 October 2019. IEEE, 2019.
- [37] A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide). URL: <https://www.iiba.org/standards-and-resources/babok>
- [38] DAMA International Guide to Data Management Body of Knowledge. URL: <https://dama.org/content/body-knowledge>
- [39] APM Body of Knowledge. URL: <https://www.apm.org.uk/body-of-knowledge>
- [40] PMBOK Guide and Standards. URL: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>
- [41] BRM Body of Knowledge. URL: <https://brm.institute/online-campus/#BodyofKnowledge>
- [42] *McLaughlin S., Sherry M., Carcary M., O'Brien C., Fanning F., Theodorakis D., Dolan D., Farren N.* e-SKILLS AND ICT PROFESSIONALISM. Fostering the ICT Profession in Europe. Final Report. Prepared for the European Commission, 2012. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/5f32/a2a9dc6d166d81fddb19003b9560833cc145.pdf?_ga=2.55898733.793758203.1578085644-191311977.1578085644
- [43] ГОСТ Р 55767 2013/CWA 16234-1:2010 «Информационная технология (ИТ). Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0. Часть 1. Общая европейская рамка компетенций ИКТ-специалистов для всех секторов индустрии».
- [44] User guide for the application of the European e-Competence Framework 3.0. CWA 16234:2014 Part 2. CEN, 2014. URL: http://ecompetences.eu/wp-content/uploads/2014/02/User-guide-for-the-application-of-the-e-CF-3.0_CEN_CWA_16234-2_2014.pdf
- [45] CWA 16458-1:2018. European ICT Professionals Role Profiles. Version 2 — The 30 ICT Profiles. DRAFT CWA Part 1. CEN, 2018. URL: http://www.ecompetences.eu/wp-content/uploads/2018/05/CWA_Part_1_EU_ICT_PROFESSIONAL_ROLE_PROFILES.pdf
- [46] CWA 16458-2:2018. European ICT Professional Role Profiles. Version 2 — User Guide DRAFT CWA Part 2. CEN, 2018. URL: http://www.ecompetences.eu/wp-content/uploads/2018/05/CWA_Part_2_EU_ICT_PROFILES_USER_GUIDE.pdf
- [47] CWA 16458-3:2018. European ICT Professional Role Profiles — Part 3. Methodology documentation. CWA 16458-3. CEN, 2018. URL: <https://www.ecompetences.eu/ict-professional-profiles/>

- [48] CWA 16458-4:2018. European ICT professional role profiles — Part 4. Case studies. CEN, 2018. URL: <https://www.ecompetences.eu/ict-professional-profiles/>
- [49] SFIA vs iCD Mapping Research Project // IPA Information-technology Promotion Agency, Japan. URL: <https://www.ipa.go.jp/files/000068830.pdf>
- [50] IPA:IT Human Resources Development // IPA Information-technology Promotion Agency, Japan. URL: <http://www.ipa.go.jp/english/humandev/icd.html>
- [51] Профессиональные стандарты в ИТ как инструмент кадровой политики организации. Публикация № 918404 // Infostart. URL: <https://infostart.ru/public/918404>
- [52] *Жеребина О.* Профессиональные стандарты в области ИТ: «инструкция по применению». URL: http://www.apkit.ru/files/ITStandarts_Zherebina.doc
- [53] Профессиональные стандарты в области ИТ // Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий. URL: <http://spk-it.ru/profs>
- [54] *Перекатов В. И.* Компьютерные дисциплины в представлении профессиональных обществ США: вехи академической легенды // Информационные технологии и вычислительные системы. 2002. №1. С. 1–29.
- [55] *Перекатов В. И.* Компьютерные дисциплины в представлении профессиональных обществ США: последний куррикулум? // Информационные технологии и вычислительные системы. 2002. № 4.
- [56] *Conte S. D., Hamblen J. W., Kehl W. B., Navarro S. O., Rheinboldt W. C., Young D. M., Jr., and William F. Atchinson.* An undergraduate program in computer science — preliminary recommendations // Communications of the ACM. 1965. Vol. 8, Issue 9. Pp. 543-552. doi: 10.1145/365559.366069
- [57] *Atchison W. F. et al.* Curriculum 68: Recommendations for academic programs in computer science: a report of the ACM curriculum committee on computer science // Communications of the ACM. 1968. Vol. 11, Issue 3. Pp. 151–197. doi: 10.1145/362929.362976
- [58] *Austing R. H., Barnes B. H., Bonnette D. T., Engel G. L., Stokes G.* Curriculum'78: recommendations for the undergraduate program in computer science — a report of the ACM curriculum committee on computer science // Communications of the ACM. 1979. Vol. 22, Issue 3. Pp. 147–166. doi: 10.1145/359080.359083

- [59] *Comer D. E., Gries D., Mulder M. C., Tucker A., Turner A. J., Young P. R., Denning P. J.* Computing as a discipline // *Communications of the ACM*. 1989. Vol. 32, Issue 1. Pp. 9–23. doi: 10.1145/63238.63239
- [60] *Tucker A. B.* Computing Curricula 1991 // *Communications of the ACM*. 1991. Vol. 34, Issue 6. Pp. 68–84. doi: 10.1145/103701.103710
- [61] *CORPORATE The Joint Task Force on Computing Curricula.* Computing curricula 2001 // *Journal on Educational Resources in Computing*. 2001. Vol. 1, Issue 3es. doi: 10.1145/384274.384275
- [62] *CORPORATE The Joint Task Force on Computing Curricula.* Computing Curricula 2005. ACM and IEEE, 2006.
- [63] *Сухомлин В. А.* Анализ международных образовательных стандартов в области информационных технологий // *Системы и средства информатики*. 2012. Т. 22, № 2. С. 278–307. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18270050>
- [64] *Denning P. J.* Great Principles of Computing // *Proceedings of the First International Scientific-Practical Conference «Modern Information Technology and IT-Education»* / V. Sukhomlin (ed.). Moscow, Maks Press, 2005. Pp. 4–13.
- [65] *Андропова Е. В., Сухомлин В. А.* Диверсификация программ профессиональной подготовки в международных образовательных стандартах в области информационных технологий // *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*. 2013. № 1. С. 73–87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18958025>
- [66] *CORPORATE The Joint Task Force on Computing Curricula.* Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. ACM, New York, NY, USA, 2013. doi: 10.1145/2534860
- [67] *Computer Engineering Curricula 2016.* Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering. New York: ACM & IEEE, USA, 2016. doi: 10.1145/3025098
- [68] *CORPORATE The Joint Task Force on Computing Curricula.* Software Engineering 2014. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. Technical Report. ACM, New York, NY, USA, 2015.
- [69] *Adcock R., Alef E. et al.* Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering. Technical Report. ACM, New York, NY, USA, 2009.
- [70] *Topi H., Kaiser K. M., Sipior J. C., Valacich J. S., Nunamaker J. F., Jr. G. J. de Vreede, Ryan W.* Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. Technical Report. ACM, New York, NY, USA, 2010.

- [71] *Topi H., Karsten H., Brown S. A., Carvalho J. A., Donnellan B., Shen J., Tan C. Y. B., Thouin M. F.* MSIS 2016: Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems. Technical Report. ACM, New York, NY, USA, 2017.
- [72] Information Technology Curricula 2017: Curriculum Guidelines for Baccalaureate Degree Programs in Information Technology. ACM, New York, NY, USA, 2017.
- [73] Cybersecurity Curricula 2017: Curriculum Guidelines for Post-Secondary Degree Programs in Cybersecurity. A Report in the Computing Curricula Series Joint Task Force on Cybersecurity Education. ACM, IEEE, AIS, IFIP, USA, 2017. doi: 10.1145/3184594
- [74] *Bloom B. S., Krathwohl D. R.* Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain. By a Committee of College and University Examiners. New York, NY; Longmans, Green, 1956.
- [75] *Demchenko Yu.* (ed.) Data Science Body of Knowledge (DS-BoK) EDSF DS-BoK - Release 2. IABACTM B.V., 2019. URL: <https://www.iabac.org/g-standards/IABAC-EDSF-DSBOK-R2.pdf>
- [76] *Moore J. W.* The Road Map to Software Engineering: A Standards-Based Guide, 1st ed., Wiley-IEEE Computer Society Press, 2006.
- [77] *Bruner J. S.* The Process of Education. New York: Vintage, 1960.
- [78] Общероссийский классификатор специальностей по образованию ОК 009-2016. URL: <https://classinform.ru/okso-2016.html>
- [79] Классификатор РФФИ для конкурсов 2018 года // Российский фонд фундаментальных исследований. URL: <http://www.rfbr.ru>
- [80] Профессиональные стандарты. Программно-аппаратный комплекс // Минтруд России. URL: <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-oblastey-i-vidov-professionalnoy-deyatelnosti/>
- [81] *Никуличева Н. В.* Внедрение дистанционного обучения в учебный процесс образовательной организации: практ. пособие. М.: Федеральный институт развития образования, 2016. 72 с.
- [82] *Mikroyannidis A., Domingue J.* Interactive learning resources and linked data for online scientific experimentation // Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web (WWW '13 Companion). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2013. Pp. 431-434. doi: 10.1145/2487788.2487959

- [83] *Ochoa X.* Learnometrics: Metrics for Learning Objects. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2008.
- [84] *Friesen N., Roberts A., Fisher S.* CanCore: Metadata for Learning Objects // Canadian Journal of Learning and Technology. 2002. Vol. 28, Issue 3. doi: 10.21432/T2930T
- [85] 1484.12.1-2002/Cor 1-2011 — IEEE Standard for Learning Object Metadata - Corrigendum 1: Corrigenda for 1484.12.1 LOM (Learning Object Metadata)
- [86] Dublin Core Metadata Initiative (DCMI). URL: <http://dublincore.org>
- [87] *Wiley D.* Learning Object Design and Sequencing Theory. PhD Thesis, Brigham Young University, USA, 2000.
- [88] *Verbert K., Duval E.* ALOCOM: a generic content model for learning objects // International Journal on Digital Libraries. 2008. Vol. 9, Issue 1. Pp. 41-63. doi: 10.1007/s00799-008-0039-8
- [89] *Barker P.* What is IEEE Learning Object Metadata / IMS Learning Resource Metadata? Cetus Publications, 2005. URL: <http://publications.cetis.org.uk/2005/10>
- [90] 1484.12.3-2005 — IEEE Standard for Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata.
- [91] *So H.-J., Kim B.* Teaching and Learning with Mobile Technologies // Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking. Second Edition. IGI Global, 2009. Pp. 7. doi: 10.4018/978-1-60566-014-1.ch184
- [92] UK Learning Object Metadata Core // CETIS, 2004. URL: <http://zope.cetis.ac.uk/profiles/uklomcore>
- [93] AENOR UNE-71361:2010 — LOM-ES application profile for standardized Digital Learning Objects metadata // AENOR (Spanish Association for Standardization and Certification), 2010. URL: <http://www.lom-es.es/herramientas.htm>
- [94] CWA 15555: Guidelines and support for building application profiles in e-learning. European Committee for Standardization (CEN), 2006.
- [95] *Тихонов А. Н., Иванников А. Д., Булгаков М. В., Гридина Е. Г., Внотченко С. С., Булакина М. Б., Носов В. П., Чиннова И. И., Якивчук Е. Е.* О стандарте метаданных информационных образовательных ресурсов для интернет-каталогов // В сборнике научных статей «Интернет-порталы: содержание и технологии». Выпуск 3 / Редкол.: А.Н. Тихонов (пред.) и др.; ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика». М.: Просвещение, 2005. С. 26–47.

- [96] *Ochoa X., Klerkx J., Vandeputte B., Duval E.* On the Use of Learning Object Metadata: The GLOBE Experience // Towards Ubiquitous Learning. EC-TEL 2011 / Kloos C.D., Gillet D., Crespo García R.M., Wild F., Wolpers M. (eds.). Lecture Notes in Computer Science, vol. 6964. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. Pp. 271-284. doi: 10.1007/978-3-642-23985-4_22
- [97] IMS Learning Resource Meta-data Specification // IMS Global Learning Consortium. URL: <http://www.imsglobal.org/metadata>
- [98] *Ward J.* A quantitative analysis of unqualified Dublin Core Metadata Element Set usage within data providers registered with the Open Archives Initiative // 2003 Joint Conference on Digital Libraries, 2003. Proceedings., Houston, TX, USA, 2003. Pp. 315–317. doi: 10.1109/JCDL.2003.1204883
- [99] *Peoples B. E.* Innovative e-Learning: Information Technology and Standards, a Current and Future Perspective // Proceedings of the Emerging Technologies and Standardization for Learning, Education and Training – Industry-Education-Research Collaborations Create the Future of e-Learning? Shanghai, China, 2011. Pp. 56–62.
- [100] *Соколов И. А., Курприяновский В. П., Намиот Д. Е., Дрожжин В. И., Быков А. Ю., Синягов С. А., Карасев О. И., Добрынин А. П.* Государство, инновации, наука и таланты в измерении цифровой экономики (на примере Великобритании) // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5, № 6. С. 33–48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29366954>
- [101] *Намиот Д. Е.* Об обучении по Internet of Things и Smart Cities // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 5. С. 26–38. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25957128>
- [102] *Namiot D., Sneps-Sneppe M., Daradkeh Y.* On Internet of Things Education // Proceedings of the 20th Conference of Open Innovations Association FRUCT, LETI University, St. Petersburg, Russia, 2017. Pp. 309–315.
- [103] *Namiot D., Sneps-Sneppe M.* On Internet of Things and Big Data in University Courses // International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems (IJERTCS). 2017. Vol. 8, No. 1. Pp. 18–30. doi: 10.4018/IJERTCS.2017010102
- [104] *Посыпкин М. А., Сухомлин В. А., Храпов Н. П.* Комбинированные распределенные инфраструктуры в науке и образовании // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 11, № 1. С. 31–36. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25024555>
- [105] *Якушин А. В., Гладких И. Ю.* Выбор системы автоматизированного тестирования решений задач по программированию // International Journal

- of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 6. С. 38–43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26113475>
- [106] *Якушин А. В., Гладких И. Ю.* Системы автоматизированного тестирования по программированию в образовательном пространстве // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. С. 326–336. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27206188>
- [107] *Намиот Д. Е., Сухомлин В. А.* О проектах лаборатории ОИТ // International Journal of Open Information Technologies. 2013. Т. 1, № 5. С. 18–21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20841485>
- [108] Интернет-обучение инвалидов: инвалиды пополняют ряды ИТ-профессионалов. Интервью с профессором МГУ имени Ломоносова Владимиром Александровичем Сухомлиным. 10.08.2009-07:25. URL: <http://www.segoday.ru/content/17060>
- [109] *Крупеников В. А., Сухомлин В. А., Якушин А. В.* Социализация людей с ограниченными возможностями здоровья в электронном образовательном пространстве // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2011. № 7. С. 1028-1032. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23020851>
- [110] Public Knowledge Project (PKP). URL: <https://pkp.sfu.ca>
- [111] Open Journal Systems (OJS). URL: <https://pkp.sfu.ca/ojs>
- [112] Open Conference Systems (OCS). URL: <https://pkp.sfu.ca/ocs>

Научное издание

Серия «Библиотека АЛТ»

Сухомлин Владимир Александрович
Зубарева Елена Васильевна
Намиот Дмитрий Евгеньевич
Якушин Алексей Валерьевич

**Система развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО
Методика классификации и описания требований к сотрудникам
и содержанию образовательных программ в сфере
информационных технологий**

Ответственный редактор: В. Л. Черный
Оформление обложки: А. В. Кононова
Вёрстка: В. Л. Черный
Редактура: И. В. Захаров

Издание доступно в РИНЦ по адресу: <https://elibrary.ru>

ООО «Базальт СПО»

Адрес для переписки: 127015, Москва, а/я 21
Телефон: (495) 123-47-99. E-mail: sales@basealt.ru
<http://basealt.ru>

Подписано в печать 03.02.20. Формат 70x100/16.
Гарнитура Computer Modern. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 14.95. Уч.-изд. л. 17.39 Тираж 999 экз. Изд. номер. 021
Издательство ООО «МАКС Пресс»
Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.
119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М. В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, 527 к.
Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./Факс 8(495)939-3891.

По вопросам приобретения обращаться: ООО «Базальт СПО»
(495)123-47-99 E-mail: sales@basealt.ru <http://basealt.ru>