

Новый этап международной стандартизации ИТ-образования

В. А. Сухомлин, Е. В. Зубарева
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»,
г. Москва, Российская Федерация
119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1,
Ленинские горы, д. 1
sukhomlin@mail.ru

SUKHOMLIN, Vladimir Alexandrovich; ZUBAREVA, Elena Vasilevna. Новый этап международной стандартизации ИТ-образования. **Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование»**, [S.l.], v. 17, n. 3, sep. 2021. ISSN 2411-1473. Доступно на: <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/794>. Дата доступа: 12 jan. 2022

Аннотация

Статья посвящена анализу современного состояния процессов международной стандартизации методических основ системы подготовки профессиональных кадров в области информационных технологий (ИТ), называемой в академическом окружении «компьютингом» (computing). Рассмотрены три взаимосвязанных процесса стандартизации, а именно, стандартизация цифровых навыков/компетенций, создание общезначимых отраслевых (профессиональных) сводов знаний (VoKs), а также стандартизация куррикулумов по направлениям подготовки ИТ-кадров. Выполненный в статье анализ процессов международной стандартизации, имеющих прямое отношение к системе ИТ-образования, которую следует рассматривать как важнейший сектор образовательной деятельности вообще, показал высокие темпы развития этих процессов на принципах системности, целостности, интеграции.

Ключевые слова:

Информационные технологии (ИТ), ИТ-образование, цифровизация, цифровые навыки, компетенции, профили ИТ-образования, классификация и описание цифровых навыков, фреймворки для описания ролей/навыков/компетенций в области ИТ, система навыков для информационного века SFIA, куррикулум, компьютеринг, ИТ-образование, , результаты обучения, своды знаний (VoK), своды профессиональных знаний, индустриальные своды знаний, стандарты куррикулумов ИТ-образования, кибербезопасность, информационная безопасность, , архитектурная модель кибербезопасности.

1. Введение

Многие годы три процесса стандартизации методических основ в сфере управления персоналом и подготовки профессиональных кадров в области информационных технологий (ИТ), такие, как:

(а) стандартизация квалификационных требований (компетенций/ навыков/ профилей профессиональных ролей) в области информационных и коммуникационных технологий (ИКТ, в данной работе ИКТ и ИТ будем считать синонимами),

(б) создание отраслевых сводов знаний (Body of Knowledge - VoK) для актуальных доменов и видов деятельности области ИТ,

(с) процессы стандартизации куррикулумов (учебно-методических материалов) по направлениям подготовки ИТ-кадров в систем образования, осуществлялись независимо друг от друга,

Однако в последние годы характерным для этих процессов становится все более тесная интеграция, уровень которой в настоящее время позволяет рассматривать их как целостную систему процессов стандартизации методических основ для решения задач кадрового менеджмента и подготовки профессиональных кадров в области ИТ.

Такой системный взгляд на эти процессы представлен на рис. 1.



Рис.1. Процессы международной стандартизации в сфере кадрового менеджмента и подготовки профессиональных ИТ-кадров.

С этих позиций и рассмотрим современное состояние этой системы по каждому из направлений стандартизации.

2. Стандартизация навыков/компетенций/профилей профессиональных ролей в области ИТ

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

В работе [1] дан сравнительный анализ наиболее развитых и широко применяемых методологий и систем (фреймворков) стандартизации цифровых навыков/компетенций в области ИКТ. К ним относятся:

- Фремворк навыков для информационного века (SFIA - Skills Framework for the Information Age).
- Европейский фреймворк компетенций (e-CF - European e-Competence Framework).
- Словарь i-компетенций (iCD - i Competency Dictionary) .

Проведенной в [1] анализ показал, что все эти методологии равнозначны с точки зрения применимости для задач управления персоналом. Однако в последние годы среди них проявилось явное лидерство стандартов SFIA, благодаря их более быстрому темпу обновления, более широкому распространению, развитой поддерживающей экосистемы.

В 2020-2021 гг. стандарты указанных выше трех подходов обновились.

Так, например, в ЕС система развития ИКТ-профессий и управления ИКТ-кадрами основана на ряде европейских стандартов, базовым из которых теперь является Европейский фреймворк е-компетенций версии 4.0 (The European e-Competence Framework (e-CF) version 4.0) [2], разработанный Европейским институтом стандартов CEN и

пришедший в 2020 г. на смену стандарту e-CF 3.0. Новый фреймворк содержит справочную информацию о 41 компетенции, применяемых на рабочих местах в ИКТ-отрасли.

Понятие компетенция в e-CF определяется следующим образом: «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 встроенной системы отношений.

В стандарте e-CF понятие компетенции используется для описания некоторого типового модуля трудовой деятельности (трудовой функции). С помощью компетенций определяется набор стандартных базовых строительных элементов, описывающих модули трудовой деятельности для построения из них спецификаций профилей должностей/ролей в ИКТ-секторе. 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 России таким действующим стандартом является ГОСТ Р 55767 2013, который соответствует e-CF 3.0 [3].

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.

Для более широкого и легкого использования стандарта e-CF государственными и частными компаниями, а также сектором образования в качестве общего языка для описания цифровых компетенций ИТ-специалистов разработан пользовательский инструмент ICT Profile, который позволяет [4]:

- искать и просматривать описания компетенций и их компонент (дескрипторов),
- формировать описания требуемых пользовательских ролей из информационной базы стандартных компетенций и их уровней,
- выбирать роли из информационной базы, чтобы просматривать определяющие их компетенции / уровни, а также описания ролей и компетенций.

Продолжается развитие и разработанного японским Агентством по продвижению информационных технологий IPA словаря i-компетенций «i Competency Dictionary (iCD)» [5]. ICD является результатом исследования IPA об идеальном стандарте навыков в области развития ИТ-кадров. ICD предлагает описание задач, навыков, ролей, необходимые не только для традиционной бизнес-модели, такой как системный интегратор, но и для бизнес-моделей нового века, таких как кибербезопасность, облачные вычисления и наука о данных.

iCD представлен в виде структурированного словаря, состоящего из «Словаря задач» и «Словаря навыков». Словарь задач - это набор задач, актуальных для ИТ-бизнеса; словарь навыков - это набор ИТ-навыков, необходимых для выполнения конкретных задач из словаря задач. В Японии стандарт iCD широко используется. Многие поставщики корпоративного образования связали свои курсы с задачами и навыками IPA.

Национальные квалификации в области ИТ также были отображены в iCD. Матрица задач и навыков соединяет учебную деятельность с реальной работой.

Словарь задач состоит из 4 уровней, разделенных на три уровня задач, плюс уровень элементов оценки (около 2200 элементов). Словарь навыков также состоит из 4 уровней, разделенных на три уровня навыков плюс уровень свода знаний (ВОК) (около 10 000 элементов).

В последнее время наметилось тесное сотрудничество между IPA и SFIA, направленное на согласование своих стандартов [6].

Учитывая то, что стандарты SFIA занимают лидирующую позицию среди стандартов компетенций/навыков, рассмотрим подход SFIA подробнее.

Новая версия стандарта SFIA 8 была объявлена 28.09.2021 г. Напомним, что фреймворк навыков для информационного века SFIA разработан в Великобритании одноименной некоммерческой организацией - фондом SFIA. Стандарт SFIA определяет систему классификации и методику описания цифровых навыков области ИКТ, соответствующих требованиям цифровой экономики [7]. С помощью навыков системы SFIA, используемых в качестве строительных блоков, может быть описан обширный класс профессиональных ролей, связанных с областью ИКТ.

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

Модель классификации ИТ-навыков в SFIA 8 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 SFIA 8 определяется: 6 категорий навыков, 19 подкатегорий и 121 индивидуальных навыка, причем общее описание навыка уточняется описанием каждого допустимого для него уровня исполнения (уровня ответственности).

Состав категорий / подкатегорий SFIA 8 показан в Таб. 1 в двуязычном формате.

Таблица 1.

Состав категорий / подкатегорий навыков SFIA8

<u>Categories / Subcategories</u>	<u>Категории/подкатегории</u>
<u>Strategy and architecture</u> <ul style="list-style-type: none"> • Strategy and planning • Security and privacy • Governance, risk and compliance • Advice and guidance 	<u>Стратегия и архитектура</u> <ul style="list-style-type: none"> • Стратегия и планирование • Безопасность и конфиденциальность • Управление, риски и согласие • Совет и руководство
<u>Change and transformation</u> <ul style="list-style-type: none"> • Change implementation • Change analysis • Change planning 	<u>Изменение и трансформация</u> <ul style="list-style-type: none"> • Реализация изменений • Анализ изменений • Планирование изменений
<u>Development and implementation</u> <ul style="list-style-type: none"> • Systems development • Data and analytics • User experience • Content management • Computational science 	<u>Разработка и реализация</u> <ul style="list-style-type: none"> • Разработка систем • Данные и аналитика • Пользовательский опыт • Управление содержанием • Вычислительная наука

<u>Delivery and operation</u>	<u>Доставка и эксплуатация</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Technology management • Service management • Security services 	<ul style="list-style-type: none"> • Управление технологиями • Управление услугами • Сервисы безопасности
<u>People and Skills</u>	<u>Люди и навыки</u>
<ul style="list-style-type: none"> • People management • Skills management 	<ul style="list-style-type: none"> • Управление персоналом • Управление навыками
<u>Relationships and engagement</u>	<u>Отношения и взаимодействие</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Stakeholder management • Sales and marketing 	<ul style="list-style-type: none"> • Управление заинтересованными сторонами • Продажи и маркетинг

В SFIA определены семь уровней ответственности, 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/влиять;
- 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).

Стандарт SFIA стал общепринятым языком, для описания навыков и компетенций, в таких областях, как: цифровая трансформация, разработка программного обеспечения, большие данные, кибербезопасность, обучение и образование, бизнес-аналитика, вычислительная наука, ориентированный на пользователя дизайн, разработка цифровых продуктов, продажи и маркетинг, управление человеческими ресурсами и персоналом и др.

Одним их приоритетных направлений деятельности SFIA является развитие кооперации с организациями-разработчиками профессиональных/отраслевых 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.

Отраслевые своды знаний или BoKs представляют собой признанные на международном уровне описания знаний и умений, навыков/компетенций по отдельным областям и сферам деятельности, связанным с ИТ.

Так, например:

- навыки SFIA, имеющие отношение к программной инженерии, разработаны с использованием SWEBOK v3 (Software Engineering BoK, IEEE-Computer Society) [8],
- навыки, относящиеся к бизнес-аналитике, - с использованием BABOK (Business Analysis BoK, ИВА - International Institute of Business Analysis) [9],
- навыки специалистов по информационной безопасности – с использованием CyBoK (The Cyber Security Body of Knowledge Version 1.0, 31st October 2019) [10],
- навыки управления проектами и рисками – с использованием APM (Project Management BoK, Association for Project Management) [11] и PMBOK (Project Management BoK, Project Management Institute) [12],

- навыки системной инженерии – с использованием SEBoK (Systems Engineering Body of Knowledge) [13] и т.д.

Фонд SFIA сотрудничает с более чем 50 организациями-разработчиками BoKs.

Следуя примеру SFIA разработчики стандартов e-CF и i-Dictionary также развивают сотрудничество с организациями-разработчиками BoKs, что является прямым свидетельством взаимосвязи двух процессов стандартизации – навыков/компетенций и отраслевых сводов знаний.

3. Стандартизация отраслевых сводов знаний в области ИТ

Как отмечалось выше, отраслевые своды знаний или BoKs представляют собой описания знаний и умений, навыков/компетенций по специальным направлениям ИТ или сферам деятельности, связанным с ИТ. За разработку и сопровождение таких BoKs отвечают авторитетные, как правило, международные организации. Каждый BoK по существу есть евангелие по конкретному ИТ-направлению (например, программная инженерия или кибербезопасность) или некоторому виду деятельности (например, управление проектами или управление деловыми отношениями). Основным содержанием BoK является описание структурированных объемов знаний, которые используются профессионалами соответствующей дисциплины (считается примерно с четырехлетним стажем работы) в своей практике или работе. Таким образом BoK определяет совокупности знаний в определенной области, которую работник должен освоить, чтобы его можно было рассматривать или сертифицировать как практикующего специалиста.

Совокупность таких BoKs составляют знаниевую основу области ИТ. Список из наиболее известных сводов знаний включает несколько десятков BoKs [<https://sfia-online.org/en/tools-and-resources/bodies-of-knowledge/list-of-bodies-of-knowledge>].

Разработка нового BoK или обновленной версии существующего BoK является большим событием в мире ИТ. За последние два года произошла длинная серия таких событий, что указывает на высокие темпы стандартизации профессиональных знаний в области ИТ. В частности, новые версии были разработаны для следующих BoKs:

- 1 COBIT - IT governance (ISACA), 2019
- 2 DPBOK - Digital Practitioner Body of Knowledge (The Open Group), 2020 v2
- 3 CYBOK - Cybersecurity (National Cyber Security Programme), 2019 v1/draft
- 4 IT4IT Standard (The Open Group), 2021
- 5 BIZBOK - Business Architecture (Business Architecture Guild), 2019 v8
- 6 IT Quality Index (Q4IT), 2019
- 7 BPM CBOK – Business process management (ABPMP), 2019 v4
- 8 MSP - Managing successful programmes (Axelos), 2020 v5
- 9 APM - Project Management (Association for Project Management), 2019 v7
- 10 SEBOK - Systems Engineering (INCOSE, IEEE-Systems Council), 2019 v2
- 11 ITIL - IT service management (Axelos), 2019.

Так как кибербезопасность становится важным элементом подготовки профессиональных кадров на всех уровнях образования, в качестве примера BoK рассмотрим свод знаний о кибербезопасности CyBoK (The Cyber Security Body of Knowledge) [10].

Проект CyBOK был направлен на то, чтобы сформировать и систематизировать свод актуальных фундаментальных и общепризнанных знаний по кибербезопасности как комплексной научно-прикладной дисциплине, связанной со многими научными направлениями, технологиями, культурной и социально-правовой сферой. CyBOK Version 1.0 финансировался по программе «UK's National Cyber Security Programme». Он предназначен для использования в качестве справочника по совокупности знаний, на

основе которого могут быть разработаны образовательные программы разного уровня. Объем СуВОК более 830 страниц, он содержит более 1800 ссылок на актуальные информационные ресурсы.

В основе реализации СуВОК лежит многоуровневая таксономия фундаментальных и общепризнанных областей знаний по кибербезопасности, включающая 19 областей знаний (Knowledge Areas - KAs).

На верхнем уровне этой классификации свод знаний разделяется на следующие пять категорий:

1. Человеческие, организационные и нормативные аспекты (Human, Organisational, and Regulatory Aspects)
2. Атаки и Защита (Attacks and Defences)
3. Безопасность систем (Systems Security)
4. Безопасность программного обеспечения и платформ (Software and Platform Security)
5. Безопасность инфраструктуры (Infrastructure Security)

Категории в свою очередь разбиваются на 19 предметных областей (areas). Разбиение категорий на области показано на Рис. 2, а также приводится в Таб. 2 с кратким описанием содержания областей.

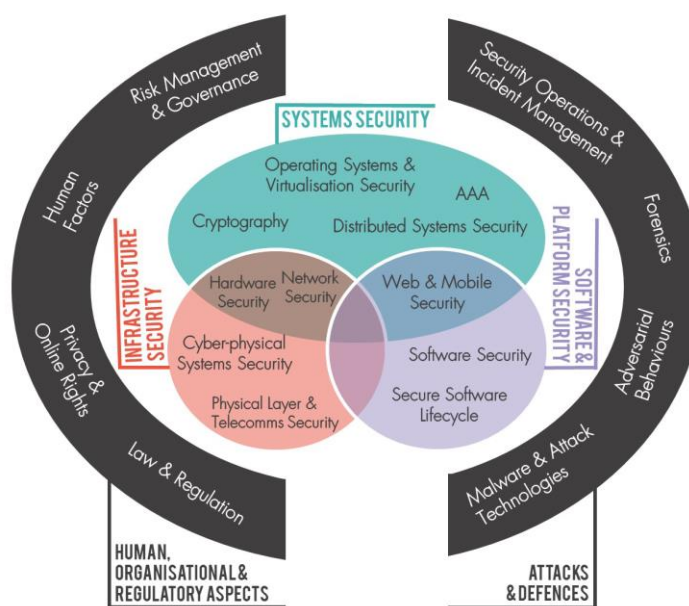


Рис. 2 Категории СуВоК и их разбиение на области [10].

Таб. 2

Разбиение категорий на области с кратким описанием содержания областей [14]

Категории	Области (Areas)	Назначение
Человеческие, организационные и нормативные аспекты (Human, Organisational, and Regulatory Aspects)	Руководство и управление рисками (Risk Management & Governance)	Системы управления безопасностью и организационные меры безопасности, включая стандарты, лучшие практики и подходы к оценке и снижению рисков.
	Законы и регулирование (Law & Regulation)	Международные и национальные законодательные и нормативные требования, обязательства соблюдения

		и этика безопасности, включая защиту данных и разработку доктрин кибервойны.
	Человеческие факторы (Human Factors)	Полезные факторы безопасности, социальные и поведенческие факторы, влияющие на безопасность, культуру безопасности и осведомленность, а также влияние мер безопасности на поведение пользователей.
	Конфиденциальность и права онлайн (Privacy & Online Rights)	Методы защиты личной информации, включая сообщения, приложения и выводы из баз данных и обработки данных. Также включает в себя другие системы, поддерживающие онлайн-права, касающиеся цензуры и обхода, тайности, электронных выборов и конфиденциальности в платежных системах и системах идентификации.
Атаки и Защита (Attacks and Defences)	Вредоносные программы и атакующие технологии (Malware & Attack Technologies)	Технические подробности об эксплойтах и распространенных вредоносных системах, а также соответствующие методы обнаружения и анализа.
	Состязательное поведение (Adversarial Behaviours)	Мотивации, поведение и методы, используемые злоумышленниками, включая цепочки поставок вредоносных программ, векторы атак и денежные переводы
	Операции по безопасности и управление инцидентами (Security Operations & Incident Management)	Конфигурация, эксплуатация и обслуживание защищенных систем, включая обнаружение инцидентов безопасности и реагирование на них, а также сбор и использование информации об угрозах
	Криминалистика Forensics	Сбор, анализ и отчетность цифровых доказательств в поддержку инцидентов или криминальных событий.
Безопасность систем (Systems Security)	Криптография (Cryptography)	Основные примитивы криптографии, применяемые в настоящее время, и новые алгоритмы, методы их анализа и протоколы, которые их используют.
	Безопасность операционных систем и виртуализации (Operating Systems & Virtualisation Security)	Механизмы защиты операционных систем, реализация безопасного абстрагирования оборудования и совместного использования ресурсов, включая изоляцию в многопользовательских системах, безопасную виртуализацию и безопасность в системах баз данных
	Безопасность распределенных систем (Distributed Systems Security)	Механизмы безопасности, относящиеся к крупномасштабным скоординированным распределенным системам, включая аспекты безопасного консенсуса, времени, систем событий, одноранговых систем, облаков, центров обработки данных с несколькими арендаторами и распределенных регистров
	Аутентификация, Авторизация и учетность (Authentication, Authorisation, & Accountability)	Все аспекты технологий управления идентификацией и аутентификации, а также архитектуры и инструменты для поддержки авторизации и отчетности как в изолированных, так и в распределенных системах
Безопасность программного обеспечения и платформ (Software and Platform Security)	Безопасность программного обеспечения (Software Security)	Известные категории программных ошибок, приводящих к ошибкам безопасности, и методы их предотвращения - как с помощью практики кодирования, так и улучшенного языкового дизайна - а также инструменты, методы и методы обнаружения таких ошибок в существующих системах
	Безопасность вэб и мобильности (Web & Mobile Security)	Проблемы, связанные с веб-приложениями и службами, распределенными по устройствам и средам, включая различные парадигмы программирования и модели защиты

	Безопасный жизненный цикл программного обеспечения (Secure Software Lifecycle)	Применение методов разработки программного обеспечения для обеспечения безопасности на всем жизненном цикле разработки систем, в результате чего программное обеспечение является безопасным по умолчанию
Инфраструктура безопасности (Infrastructure Security)	Сетевая безопасность (Network Security)	Аспекты безопасности сетевых и телекоммуникационных протоколов, включая безопасность маршрутизации, элементы сетевой безопасности и специальные криптографические протоколы, используемые для сетевой безопасности
	Безопасность аппаратного уровня (Hardware Security)	Безопасность при проектировании, внедрении и развертывании универсального и специализированного оборудования, включая надежные вычислительные технологии и источники случайности
	Безопасность кибер-физических систем (Cyber-Physical Systems Security)	Проблемы безопасности в кибер-физических системах, таких как Интернет вещей и промышленные системы управления, модели злоумышленников, безопасные конструкции и безопасность крупных инфраструктур.
	Безопасность физического уровня и телекоммуникаций (Physical Layer & Telecommunications Security)	Проблемы безопасности и ограничения физического уровня, включая аспекты кодирования радиочастот и методов передачи, непреднамеренного излучения и помех

В заключение данного раздела еще раз отметим широту охвата и быстрые темпы стандартизации профессиональных знаний по важнейшим направлениям области ИТ в виде общепризнанных на международном уровне VoKs, которые представляют собой знаниевую основу подготовки профессиональных кадров, технологий управления персоналом, разработки образовательных программ.

4. Стандартизация curriculums образовательных направлений в области ИТ

За последние полвека сложилась целостная система разработки и сопровождения международных стандартов и рекомендаций в виде curriculums для основных направлений подготовки ИТ-кадров, называемая curriculumной стандартизацией [15], которая стала важнейшим методологическим инструментом в создании современной системы ИТ-образования.

Данный подход сформировался в процессе стандартизации на международном уровне программ учебных курсов по различным направлениям подготовки ИТ-кадров. 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 [1].

Основным концептуальным документом curriculumной стандартизации последние пятнадцать лет служил документ CC2005 [16], в котором определена архитектура системы curriculums, описаны важнейшие методологические положения, лежащие в основе curriculumного подхода.

31 декабря 2020 г. был опубликован документ Computing Curricula 2020 (CC2020) [17], заявленный как преемник CC2005 и новый основной концептуальный и

методологический документ куррикулумной стандартизации на следующее десятилетие. Таким образом СС2020 открывает новый этап куррикулумной стандартизации.

Далее рассмотрим основные черты СС2020 и новые куррикулумы, разработанные на его основе.

4.1. Назначение и характерные черты Computing Curricula 2020 (СС2020)

Как определено в СС2020, цель его разработки состояла в том, чтобы предоставить глобальное руководство в развивающейся среде компьютеринга (ИТ), влияющее на программы бакалавриата в области ИТ во всем мире. Видение этого проекта заключалось в создании востребованного и надежного набора руководящих принципов для использования (будущими) студентами, промышленностью, правительствами и образовательными учреждениями во всем мире с целью получения представления об ожиданиях выпускников компьютерных программ бакалавриата на следующее десятилетие. А миссия проекта СС2020 определялась так - создать всемирно признанный фреймворк для определения и сравнения программ бакалавриата в области компьютеринга (computing или ИТ), которые отвечают растущим требованиям меняющегося технологического мира и были бы полезны для студентов, промышленности и академических кругов.

СС2020 – многоплановый документ, заслуживающий детального изучения. В данной же статье кратко рассмотрим только некоторые представленные в нем темы, а именно: уточнение понятия компьютеринга, определение современной архитектуры компьютеринга, состав ожидаемых направлений развития куррикулумной стандартизации, определение главной методологической концепции в разработке куррикулумов, основанной на компетентностно-базируемом подходе («основное внимание должно уделяться тому, что студенты должны уметь выполнять, а не тому, чему должны учить преподаватели»), а также методы спецификации образовательного контента (ВоК) на основе компетентностно-базируемого подхода.

4.1. Архитектура компьютеринга

В СС2020 компьютеринг определяется как метадисциплина, объединяющая непрерывно расширяющееся множество технологических направлений области ИТ, по сути компьютеринг и есть вся область ИТ, воспринимаемая в академическом окружении, что приводит к архитектуре системы куррикулумов по актуальным направлениям подготовки, показанной на Рис. 3, где на верхнем уровне располагается методологический документ - отчет СС2020, а нижний уровень отводится куррикулумам по актуальным направлениям области ИТ. В настоящее таких направлений семь, включая:

- Информационные системы (Information Systems 2020 - IS2020)
- Компьютерные науки (Computer Science Curricula 2013 - CS2013)
- Программная инженерия (Software Engineering Curricula 2014 - SE2014)
- Компьютерная инженерия (Computer Engineering Curricula 2016 - CE2016)
- Информационные технологии (в узком смысле, как системы ИТ) (Information Technology Curricula 2017 - IT2017)
- Кибербезопасность (Cybersecurity Curricula 2017 - CSEC2017)
- Наука о данных (Data Science Curricula 2021 - DS2021).

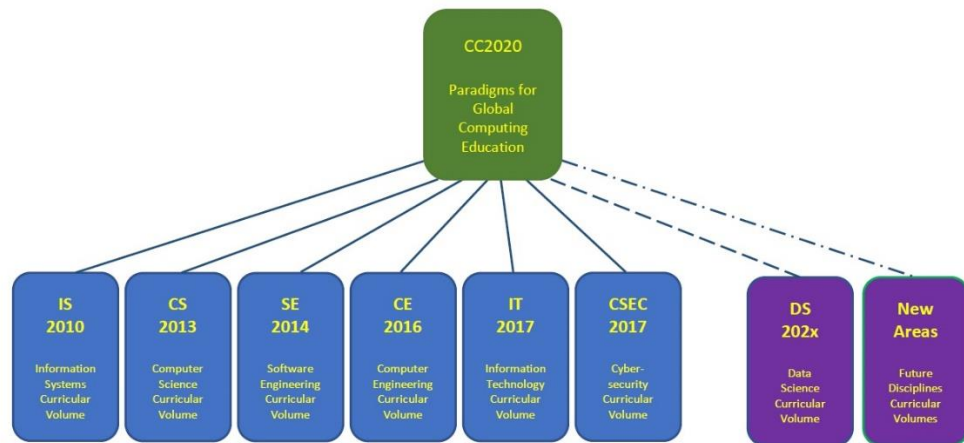


Рис. 3 Современная архитектура системы курсулов [17].

Примерное сопоставление сфер деятельности по определенным выше направлениям подготовки осуществляется с помощью графической модели различных активностей с использованием компьютеров, которая представлена на Рис. 4.

На рисунке 4 показаны три уровня абстракции ИТ-активностей: теоретический (foundation), технологический (technology), прикладных/доменных активностей (domain activity) – по оси «Y», соотнесенных к видам деятельности, имеющих отношение к оборудованию (hardware), программному обеспечению (software) и организационной деятельности (organizational needs) – по оси «X».

Внутренние области активностей отмечены точками, что показывает их условность. абсолютными. Самой обширной областью деятельности на рисунке показана область кибербезопасности.

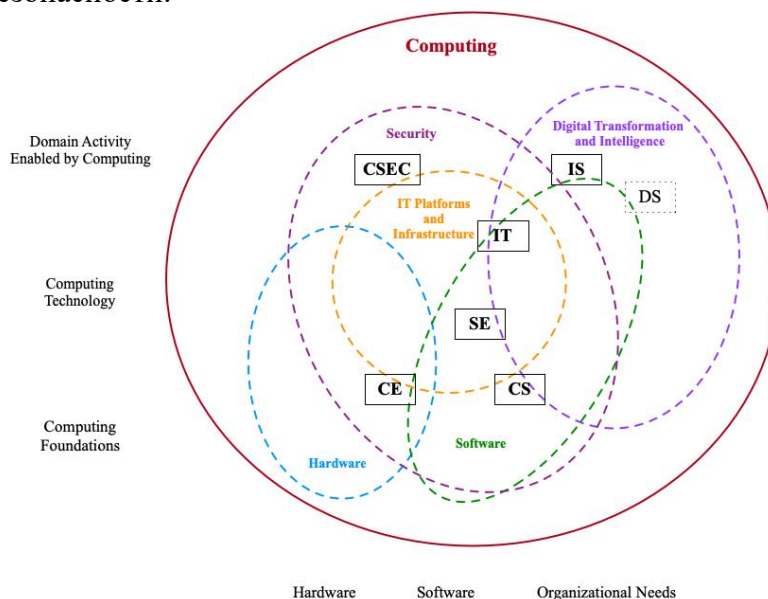


Рис. 4. Примерное сопоставление сфер деятельности по направлениям подготовки осуществляется с помощью графической модели сфер активностей [17].

Эта модель отражает некоторые характерные области деятельности только для указанных выше семи (под)дисциплин компьютеринга.

В CC2020 определены два набора потенциально курсуловных дисциплин ИТ, которые в ближайшие годы могут стать самостоятельными направлениями подготовки и для них могут быть разработаны собственные курсуловы.

Первый набор включает направления, для которых ведется разработка специализированных учебных программ. Этот набор называется «текущими

куррикулумными областями» (Current curricular areas). В него входят следующие направления:

- искусственный и расширенный интеллект - ИИ (artificial and augmented intelligence (AI))
- облачные вычисления (cloud computing)
- умные города (smart cities)
- устойчивость (sustainability)
- параллельные вычисления (parallel computing)
- интернет вещей
- краевые вычисления (edge computing)

Второй набор направлений можно назвать набором прогнозируемых направлений или трендов, для которых в ближайшие годы сформируются собственные куррикулумные решения. В первую десятку прогнозируемых новых направлений вошли:

- (a) глубокое обучение (deep learning - DL) и машинное обучение (machine learning - ML),
- (b) цифровые валюты (digital currencies),
- (c) блокчейн (blockchain),
- (d) промышленный Интернет вещей (industrial IoT),
- (e) робототехника (robotics),
- (f) самодвижущийся транспорт (assisted transportation),
- (g) вспомогательная / дополненная реальность и виртуальная реальность (assisted/augmented reality and virtual reality - AR / VR),
- (h) этика, законы и политики в отношении конфиденциальности, безопасности и ответственности (ethics, laws, and policies for privacy, security, and liability),
- (i) ускорители и 3D (accelerators and 3D),
- (j) кибербезопасность и AI (cybersecurity and AI).

Таким образом, из сказанного выше следует, что в ближайшие годы можно ожидать быстрое развитие куррикулумных решений для актуальных направлений подготовки и быстрый рост архитектуры/дерева системы куррикулумов на нижнем уровне модели, представленной на Рис. 4.

Более того, отчет CC2020 предполагает широкое распространение образовательных программ по формулам:

- **Computing + X**, где «X» – некоторая прикладная для ИТ область (например, биология, астрономия, химия, экономика, лингвистика, музыка и др.). Дипломы в этой категории могут включать термин «информатика», например медицинская информатика, юридическая информатика, биоинформатика или химическая информатика, и т.п.

- **X + Computing**, где «X» являются основными областями интересов, такими как бухгалтерский учет, биология, искусство или другие приложения ИТ.

«X + Computing» отличается от «Computing + X» тем, что в первом базовая область - это не ИТ-направление (например, химия), тогда как во втором базовая область - это одна из дисциплина ИТ.

4.2. Компетентностно-базированный подход в определении куррикулумов

Основную часть куррикулумов составляет описание образовательного контента, (т.е. того, чему учить), называемого сводом или объемом знаний (Body of Knowledge - БОК). Традиционно такой контент представлялся в виде иерархической структуры, включающей такие элементы знаний, как, предметные области (areas), модули знаний (units), темы/подтемы (themes/subthemes). Такой подход к определению содержания обучения называется знание-ориентированным (knowledge-based learning - KBL). Начиная с 2016 г. в куррикулумах нового поколения стало характерным применение компетентностного подхода, при котором своды знаний не определяются в явной форме, а

задаются опосредованно через структурированные наборы требований к знаниям и умениям в форме компетенций в качестве результатов обучения, которыми должны владеть выпускники образовательных программ. Такой подход именуется компетентностно-базированным (Competency-based learning - CBL).

Описание ИТ-компетенций смещает акцент в куррикулах с описания знаний на прагматику достижения конечного результата обучения, т.е. описание того, что выпускники могут делать в практических ситуациях, заменяет описание содержания обучения.

На самом деле в подходе KBL уделяется должное внимание определению результатов обучения (outcomes), которые связываются с соответствующими им модулями знаний. При этом используется аппарат дидактических параметров для дифференцирования результатов обучения и придания им прагматического смысла. Однако в подходе CBL более акцентированно и явно определяются цели обучения, также упрощается определение самого ВОК, так как не требуется его детализация до уровня тем/подтем (такую работу придется выполнять вузам, чтобы сконструировать учебные курсы, развивающие требуемые навыки/компетенции).

Именно такой подход рекомендуется для куррикулов нового поколения. В методическом плане в СС2020 разработана понятийная база и механизмы реализации подхода CBL.

Начнем с понятия компетенции. Его конструкция целиком позаимствована из ИТ2017 [18]. Принимается следующая трактовка понятия компетенции [17].

Компетенции, это «вещи», которые человек должен продемонстрировать, чтобы эффективно выполнять свою работу, роль, функцию, задачу или долг.

Таким образом, компетенция требует демонстрации человеческого поведения вместе с техническими навыками и знаниями

Уместно, чтобы компетенция составляла основу для выражения как цели обучения в компьютерном образовании, так и способности выполнять задачи на рабочем месте. Считается, что это поможет смягчить разрыв между навыками сегодняшних выпускников и навыками, ожидаемыми работодателями, который называют разрывом в навыках

В ИТ2017 используется термин «компетенция», связанный с производительностью на рабочем месте, то есть с тем, что выпускник должен принести на работу. Поэтому для готовности к карьере требуется, чтобы студенты развивали свои качества по трем направлениям - знания, навыки и склонности или диспозиции (disposition). Таким образом компетенция должна соединять эти три измерения.

В ИТ2017 понятие компетенции представлено следующей формулой:

Компетентность = Знания + Навыки + Диспозиции в контексте задачи (Knowledge + Skills + Disposition -> Task).

Такая модель компетенции иллюстрируется на Рис. 5.

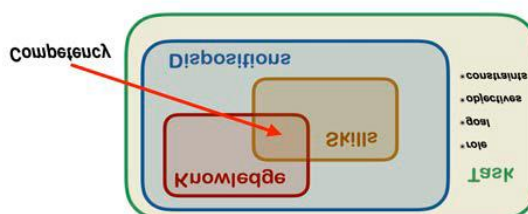


Рис. 5. Модель понятия компетенции <K, S, D> [17].

Рассмотрим определение элементов понятия компетенция, предлагаемые в СС2020.

1. **Знания** – это список освоенных предметов и их тем, изучаемых в курсах академических программ или указанных в должностных инструкциях работодателей. Знания являются базовой концепцией, необходимой для компетенции. Однако оно считается пассивным,

статичным и инертным элементом, который должен быть пропущен через опыт, чтобы превратиться в профессиональное поведение/действие.

2. **Навыки** - возможность применять знания для активного выполнения задачи. Следовательно, навык выражает элемент знания, который используется с умением как «ноу-хау». Для развития навыков требуется время и практика.

3. **Предрасположенности** (диспозиции) - определяют аспект компетентности «ноу-почему» и предписывают качественный темперамент характера при выполнении задания. Это привычные черты, которые представляют собой социально-эмоциональные склонности, пристрастия и отношения (например, надежность, ответственность, эмпатия).

4. **Задача** - это конструкция, которая определяет контекст применения знаний и конкретизирует требуемые в этом контексте диспозиции. Задача охватывает контекст применения компетенции, раскрывая целостный характер знаний, навыков и предрасположенностей.

Рассмотрим предлагаемую методику формирования компетенций для описания ВОК куррикулумов.

Спецификация компетенции называется заявлением компетенции (Competency Statements). Заявление компетенции - это синтез как прозаической формы заявления с описанием задачи, так и компонентной структуры составляющих элементов К, S и D, необходимых для достижения успеха при решении этой задачи.

Спецификация компетентности конструируется из элементов ее модели, а именно, из знаний, навыков и предрасположенностей.

В СС2020 предлагаются формы представления этих элементов и высокоуровневые словари для их описаний (таксономии областей и понятий).

Различаются три класса элементов знания: технические (собственно связанные с ИТ), фундаментальные и профессиональные (характерные для рабочего места) и специфические предметной области (постановка задачи).

Для описания технических знаний предлагается использовать таксономию, включающую 34 области ИТ, разделенных на упорядоченную последовательность из шести категорий (Таб. 3 (Таб. 4.1 [17])) а для описания фундаментальных и профессиональных знаний – тринадцать классов (Таб. 4 (Таб. 4.2 [17])), заимствованных из отчета ИТ2017 и дополняющих словарь определения требований к знаниям компетенций.

Таблица 3

Таксономия областей ИТ для спецификации технических (ИТ) компетенций

Users and Organizations	Systems Modeling	Systems Architecture and Infrastructure	Software Development	Software Fundamentals	Hardware
Social Issues and Professional Practice	Security Issues and Principles	Virtual Systems and Services	Software Quality, Verification and Validation	Graphics and Visualization	Architecture and Organization
Security Policy and Management	Systems Analysis & Design	Intelligent Systems (AI)	Software Process	Operating Systems	Digital Design
IS Management and Leadership	Requirements Analysis and Specifications	Internet of Things	Software Modeling and Analysis	Data Structures, Algorithms and Complexity	Circuits and Electronics
Enterprise Architecture	Data and Information Management	Parallel and Distributed Computing	Software Design	Programming Languages	Signal Processing
Project Management		Computer Networks	Platform-Based Development	Programming Fundamentals	
User Experience Design		Embedded Systems		Computing Systems Fundamentals	

		Integrated Systems Technology			
		Platform Technologies			
		Security Technology and Implementation			

Таблица 4

Таксономия областей знаний для спецификации фундаментальных и профессиональных компетенций

Knowledge	Знание
Analytical and Critical Thinking	Аналитическое и критическое мышление
Collaboration and Teamwork	Сотрудничество и командная работа
Ethical and Intercultural Perspectives	Этические и межкультурные перспективы
Multi-Task Prioritization and Management	Приоритизация и управление многозадачностью
Oral Communication and Presentation	Устное общение и презентация
Problem Solving and Trouble Shooting	Решение проблем и устранение неисправностей
Project and Task Organization and Planning	Организация и планирование проектов и задач
Quality Assurance / Control	Обеспечение / контроль качества
Relationship Management	Управление отношениями
Research and Self-Starter/Learner	Исследование и самостоятельный старт / обучение
Time Management	Управление временем
Written Communication	Письменное сообщение

В CC2020 определены шесть классов **уровней навыков** (уровней когнитивности), которые коррелируются с таксономией Блума [19].

Таблица 5

Таксономия уровней когнитивности навыков, основанная на таксономии Блума

Levels of Cognitive Skills Based on Bloom's Taxonomy	Уровни когнитивности навыков
Remembering	Запоминание
Understanding	Понимание
Applying	Применение
Analyzing	Анализ
Evaluating	Оценка

Диспозиции определяют третье измерение компетенции как неотъемлемый ее компонент, представляющий собой возможность выражать институциональные и программные ценности, ожидаемые на рабочем месте. Способ описания диспозиций в основном заимствован из отчета IT2017. Предложен список, состоящий из 11 диспозиций (Таб. 6 (Таб. 4.4 [17])).

Таблица 6

Таксономия элементов диспозиции.

Dispositions Element	Элемент диспозиции
Adaptable: Flexible; agile, adjust in response to change	Адаптируемый: гибкий; маневренный, приспосабливается к изменениям
Professional: Professionalism, discretion, ethical, astute	Профессиональный: профессионализм, осмотрительность, этичность, проницательность
Collaborative: Team player, willing to work with others	Склонный к сотрудничеству: командный игрок, готовый работать с другими
Purpose-driven: Goal driven, achieve goals, business acumen, inventive:	Целеустремленный: Целеустремленность, достижение целей, деловая хватка? изобретательность:

Exploratory: Look beyond simple solutions	Склонный к исследованиям. Не ограничивайтесь простыми решениями
Responsible: Use judgment, discretion, act appropriately	Ответственный: рассудительность, осмотрительность, соответствующие действия
Meticulous: Attentive to detail; thoroughness, accurate	Дотошный: Внимательный к деталям; тщательность, аккуратность
Responsive: Respectful; react quickly and positively	Отзывчивый: Уважительный; реагировать быстро и положительно
Passionate: Conviction, strong commitment, compelling	Страстный: убежденность, твердая приверженность, убедительность.
Self-directed: Self-motivated, determination, independent	Самостоятельный: Целеустремленный, целеустремленный, независимый
Proactive: With initiative, self-starter, independent	Проактивный: инициативный, самостоятельный, независимый

В заключение этого раздела рассмотрим пример спецификации компетенции в табличной форме, которая представлена на Рис. 6.

Competency Title: B	
Competency Statement Analyze and compare several networking topologies in terms of robustness, expandability, and throughput used within a cloud enterprise.	
Knowledge Element [Table #]	Skill Level [Table 4.3]
Computer Networks [4.1]	Analyzing
Platform Technologies [4.1]	Analyzing
Analytical and Critical Thinking [4.2]	Applying
Mathematics and Statistics [4.2]	Applying
Quality Assurance [4.2]	Applying
Disposition(s) [Table 4.4]	
Self-directed	Purpose-driven Responsible

Рис. 6. Пример спецификации компетенции «Analyze and compare several networking topologies in terms of robustness, expandability, and throughput used within a cloud enterprise» [17].

Заметим, что как можно видеть из модели компетенции и представленного примера спецификации компетенции, ее ядром является описание собственно навыка. Если считать основным элементом навыка связанные с ним знания (пассивные или подкрепленные опытом), а диспозиции отнести к роли (например к аспектам), а не к навыку, как это описано в [20], то тогда предложенная выше конструкция компетенции представляется избыточной. Анализ пользовательских моделей современных технологий показывает, что для описания роли достаточно понятия навыка [20].

5. Куррикулумы нового поколения

В данном разделе рассмотрим стандарты куррикулумов нового поколения - IS2020 [21], DS2021 [22], KB2021 [20, 23].

5.1. Куррикулум IS2020 - A Competency Model for Undergraduate Programs in Information Systems The Joint ACM/AIS IS2020

Куррикулум IS2020 создан исследовательским комитетом ACM / AIS как преемник стандарта IS2010 [21] в формате непрерывно обновляемого ресурса. Такой ресурс

называется живым документом, он должен обновляться на регулярной основе посредством регулярно распространяемых изменений через общедоступный веб-сайт.

IS2020 разработан на той же концептуальной основе что и документы MSIS2016 [22], IT2017 и CC2020, т.е. на основе компетентностно-базированного подхода, в отличие от своего предшественника IS2010, в котором структурированный свод знаний для подготовки бакалавров информационных систем определялся с помощью описания курсов (courses), включающих области знаний (knowledge areas - KAs), состоящих из модулей знаний (knowledge units - KUs) и результатов обучения (learning outcomes - LO). Такая модель ВОК называется моделью КА-KU-LO).

В IS2020 определяются компетенции, которыми должны обладать выпускники после завершения программы бакалавриата информационных систем (IS). Указанные компетенции разделены на группы необходимых компетенций (которые должны быть предоставлены во всех программах IS) и факультативных компетенций, которые студенты могут получить в зависимости от конкретного профиля каждой программы. Как уже отмечалось такой подход более четко выражает конечные цели подготовки и лучше понимается организациями-работодателями, нанимающих выпускников.

В IS2020 вся система компетенций имеет иерархическую структуру. На верхнем уровне иерархии определены шесть сфер (realms) компетенций, включающих в себя девятнадцать областей (areas) компетенций, десять из которых определены как обязательные, а девять - как факультативные. На Рис. 7 иллюстрируется архитектура компетенций IS2020, состоящая из сфер и областей компетенций.

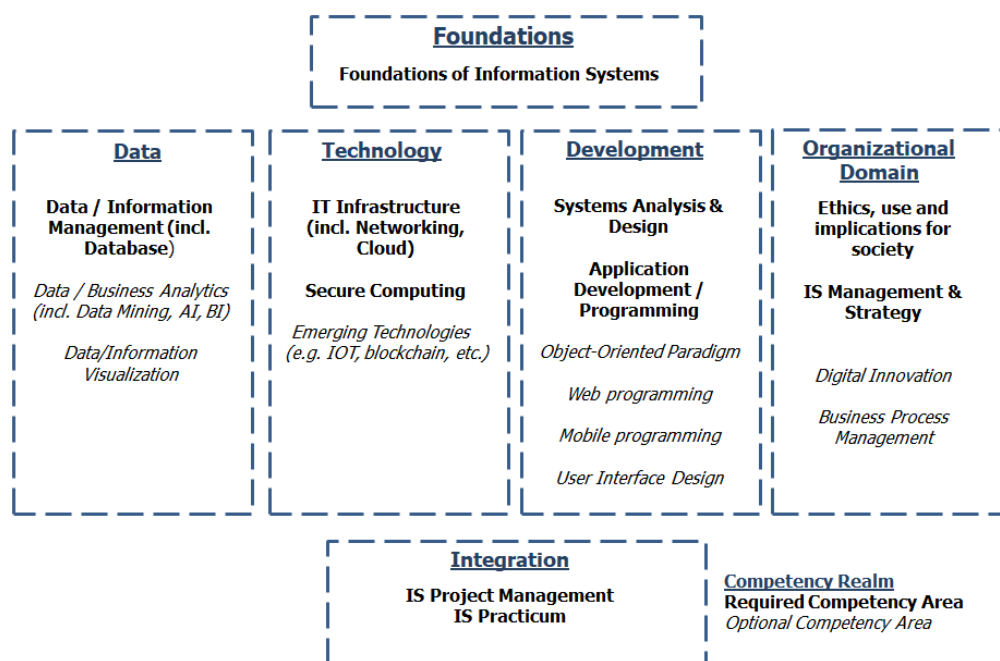


Рис. 7. Архитектура компетенций IS2020, состоящая из сфер и областей компетенций [21]

Десять обязательных областей компетенций определяют ядро (core) куррикулума – обязательно реализуемую часть учебной программы подготовки бакалавра информационных систем. Состав областей компетенций IS2020, их разбиение на обязательные и факультативные и сравнение с областями знаний IS2010 представлено в Таб. 7.

Таблица 7

Состав областей компетенций IS2020, их разбиение на обязательные и факультативные и сравнение с курсами IS2010 [21].

IS competency realm	Required competency areas	Elective competency areas	Courses mentioned in IS2010
---------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------

	in IS2020	in IS2020	
Foundations	Foundations of Information Systems		
Data and Information Management	Data / Info. Management	Data / Business Analytics (incl. Data Mining, AI, BI) Data / Info Visualization	Data mining / business intelligence Info. search and retrieval Knowledge management
Technology and Security	IT Infrastructure Secure computing	Emerging technologies (e.g., IOT, blockchain)	IT audit and controls IT security and risk management
Development	Systems analysis & design Application Development & Programming	Object oriented paradigm Web development Mobile development User interface design	Application development Collaborative Computing Human-Computer Interaction
Organizational Domain	Ethics, use and implications for society IS management and strategy Digital Innovation Business Process Management		Enterprise systems Social Informatics
Integration	IS Project Management IS Practicum		

Структурированная система компетенций IS2020 определяет систему целевых требований к содержанию учебных программ по данному направлению. Для разработки таких программ, составляющих их курсов и учебных занятий все же необходим свод знаний (BOK), который теперь должен разрабатываться в соответствии с заданной системой требований-компетенций.

Для разработки модели куррикулума (BOK) в IS2020 предложена архитектура IS2020, показанная на Рис. 8, и процедура, для реализации процесса проектирования куррикулума на основе и в соответствии с системой компетенций.

На рисунке конструкции слева представляют собой традиционный процесс дизайна учебной программы (программа - результаты обучения программы, курсы - результаты обучения с помощью курсов). Конструкции справа представляют объекты моделей компетенций: сферу компетенций, область, компетенции, пары знания-навыки и диспозиции.

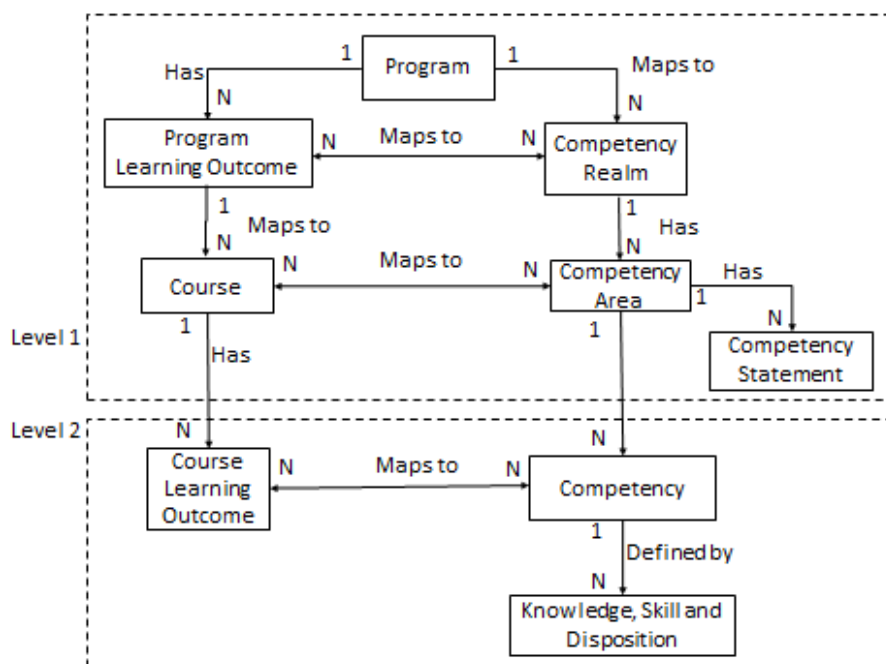


Рис. 8. Предлагаемая архитектура IS2020 [21].

Данная архитектура разделена на два уровня. Уровень 1 включает шесть основных элементов: программу, результат обучения по программе, сферу компетенций, область компетенции, заявление о компетенции и курс. Эти понятия представляют язык для проектирования программы на двух уровнях и соответствующих им результатов обучения посредством сопоставления последних с компетенциями на уровне сфер и областей компетенций. Уровень 2 включает в себя результат обучения и компетенцию, которая определяется с помощью трех элементов, а именно знаний, навыков и диспозицией. Эти концепции позволяют более детально сравнивать цели обучения в курсе на основе задач, поставленных перед студентами, и связанных областей знаний, уровней навыков и диспозиций. Уровень 2 соответствует модели компетенций в CC2020.

В IS2020 описана процедура процесса создания и разработки курсов на основе спецификаций компетенций.

Основное содержание IS2020 составляет описание системы компетенций ВОК, которая состоит из двух уровня компетенций: компетенций высокого уровня (компетенции сфер) и компетенции областей. Первые включают компетенции трех классов:

- непосредственных связанных с IS (дано краткое описание назначения всех 19 областей компетенций в разделе 4),
- индивидуальные базовые компетенции (например, способность к сотрудничеству, отзывчивость, самостоятельность, этический анализ, критическое мышление, межкультурная компетенция, лидерство, математические и статистические компетенции, переговоры, устная речь и пр.),
- компетенции в предметной области (знания и навыки, связанные с конкретными контекстами использования ИТ, например, бизнес-специальности (бухгалтерский учет и финансы), правительство, здравоохранение, юристы и др. организации).

Компетенции областей представлены в двух приложениях.

В приложении 2. в структурированном по сферам компетенций табличном материале представлен состав компетенций по каждой из областей компетенций.

Пример такой таблицы иллюстрируется на Рис. 9.

R e a l m	A r e a	Abbreviation	Competency	Dispositions	L1	L2	L3	L4	L5	L6
					Remember	Understand	Apply	Analyze	Evaluate	Create
F O U N D A T I O N S o f I S	FOUN		Competency Realm: FOUNDATIONS							
	FOIS		Competency Area: Foundations of Information Systems (Required)							
	FOUN.FOIS.1	Classify the components, elements, operations and impact of IS	Self-directed Inventive Purpose-driven							
	FOUN.FOIS.2	Interpret the dimensions, characteristics and value of quality information	Purpose-driven Self-directed Responsive							
	FOUN.FOIS.3	Explain the roles, responsibilities, and characteristics of the IS professional	Self-directed Inventive Purpose-driven							
	FOUN.FOIS.4	Recommend techniques for using information and knowledge for business decision making and strategic value	Self-directed Purpose-driven Professional							
	FOUN.FOIS.5	Analyze a business case and critique appropriate IS solutions to common business problems, based on the different components, elements, types, and levels of IS	Self-directed Purpose-driven Professional							
	FOUN.FOIS.6	Critique and recommend Enterprise Systems for a given business problem and processes.	Purpose-driven Professional Self-directed							
	FOUN.FOIS.7	Identify techniques for transmitting and securing information in an organization.	Purpose-driven Self-directed Professional							
	FOUN.FOIS.8	Demonstrate an ability to solve basic computational and design problems using IS development with appropriate methodologies, software tools and innovative methods for improving processes and organizational change	Self-directed Purpose-driven Professional							

Рис. 9. Пример определения состава компетенций для сферы компетенций «Основы» (Foundations). Для каждой компетенции указан список соответствующих ей диспозиций и уровень когнитивности по Блуму [21].

Всего определено 116 обязательных компетенций и 62 факультативных.

В приложении 3 по каждой области компетенций дано развернутое описание каждой компетенции по формуле K-S-D как предписано в СС2020. Пример такого описания приведен на Рис 10.

Competency 1: Classify the components, elements, operations, and impact of IS

Key Dispositions: Self-Directed, Inventive, Purpose-driven

Knowledge-Skill Pairs:

Knowledge Element	Skill Level (Bloom cognitive level)
Components of IS - technology (hardware, software, communication media), data, people, and procedures/processes.	2 - Understand
Operations of IS (the processing cycle of input, processing, storage, output, control)	3 - Apply
The ways in which IS helps us deal with information	3 - Apply
Functions (and operations) of IS and their impact on facilitating organizational change	3 - Apply
Common types of IS (e.g., Transaction Processing Systems, Enterprise Systems)	2 - Understand

Рис. 10. Пример определения состава компетенций для сферы компетенций «Основы» (Foundations). Для каждой компетенции указан список соответствующих ей диспозиций и уровень когнитивности по Блуму [21].

В заключение отметим, что IS2020 представляет классическую компетентностную модель уровня бакалавриата для направления (информационные технологии), используя методические рекомендации компетентностно-базируемого подхода СС2020. При этом в IS2020 включены методические рекомендации по конструированию на основе такой

компетентностой модели свода знаний (ВОК), необходимого университетам для формирования курсов учебных программ.

5.2. Куррикулум науки о данных - Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula (CCDSC) ACM Data Science Task Force January 2021

В основе построения куррикулума CCDSC лежит традиционный знание-ориентированный подход, применяемый для нисходящего проектирования свода знаний и направленный на описание областей знаний (KAs) и составляющих их поддоменов.

В CCDSC определены только основные KAs для науки о данных (Data Science - DS), непосредственно относящиеся к ИТ. Естественно, что для построения полного куррикулума такие KAs должны быть дополнены компетенциями в области математического анализа, дискретных структур, теории вероятностей, статистики, линейной алгебры и других областей. Также должен быть включен по крайней мере один контекст предметной области для применения концепций и методов DS.

Состав KAs, определенных в CCDSC, включает следующий список областей (определенных в алфавитном порядке):

1. Analysis and Presentation (AP) - Анализ и презентация.
2. Artificial Intelligence (AI) - Искусственный интеллект.
3. Big Data Systems (BDS) - Системы больших данных
4. Computing and Computer Fundamentals (CCF) - Вычислительная техника и основы работы с компьютером.
5. Data Acquisition, Management, and Governance (DG) - Сбор данных, управление и руководство данными.
6. Data Mining (DM) - Data Mining.
7. Data Privacy, Security, Integrity, and Analysis for Security (DP) - Конфиденциальность, безопасность, целостность и анализ данных для обеспечения безопасности.
8. Machine Learning (ML) - Машинное обучение .
9. Professionalism (PR) – Профессионализм.
10. Programming, Data Structures, and Algorithms (PDA) - Программирование, структуры данных и алгоритмы.
11. Software Development and Maintenance (SDM) - Разработка и сопровождение программного обеспечения.

Каждая область разбита на под-домены, за исключением области DP, которая разделена еще на четыре под-области: Data privacy, Data security, Data integrity, Analysis for security, имеющие ту же структуру, что и KAs. Полная структура ВОК, состоящая из KAs и их под-доменов, иллюстрируется на Рис. 11.

Описание каждой области знаний следует определенному шаблону:

- Описание начинается с названия КА,
- После названия КА следует относительно короткий абзац с описанием назначения этой области и ее актуальности для науки о данных,
- Краткое описание контекста области знаний в ВОК (Scope),
- Раздел с описанием компетенций, навыков и диспозиций высокого уровня (Competencies),
- Список под-доменов и, наконец,
- Детальное определение перечисленных под-доменов.

Формат описание области знаний показан на Рис. 12.

<p>Analysis and Presentation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foundational considerations • Visualization • User-centered design • Interaction design • Interface design and development <p>Artificial Intelligence</p> <ul style="list-style-type: none"> • General • Knowledge representation and reasoning – logic based • Knowledge representation and reasoning – probability based • Planning and search strategies <p>Big Data Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problems of scale • Big data computing architectures • Parallel computing frameworks • Distributed data storage • Parallel programming • Techniques for Big Data applications • Cloud computing • Complexity theory • Software support for Big Data applications <p>Computing and Computer Fundamentals</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic computer architecture • Storage systems fundamentals • Operating system basics • File systems • Networks • The web and web programming • Compilers and interpreters <p>Data Acquisition, Management, and Governance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data acquisition • Information extraction • Working with various types of data • Data integration • Data reduction and compression • Data transformation • Data cleaning • Data privacy and security 	<p>Data Mining</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proximity measurement • Data preparation • Information extraction • Cluster analysis • Classification and regression • Pattern mining • Outlier detection • Time series data • Mining web data • Information retrieval <p>Data Privacy, Security, Integrity, and Analysis for Security</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data privacy • Data security • Data integrity • Analysis for security <p>Machine learning</p> <ul style="list-style-type: none"> • General • Supervised learning • Unsupervised learning • Mixed methods • Deep learning <p>Professionalism</p> <ul style="list-style-type: none"> • Continuing professional development • Communication • Teamwork • Economic considerations • Privacy and confidentiality • Ethical considerations • Legal considerations • Intellectual property • On automation <p>Programming, data structures and algorithms</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmic thinking and problem solving • Programming • Data structures • Algorithms • Basic complexity analysis • Numerical computing <p>Software development and maintenance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Software design and development • Software testing
---	---

Рисунок 11. Полная структура ВОК, состоящая из КАs и их под-доменов [22].

Knowledge Area Name

Text giving a brief description of the knowledge area and its role in Data Science.

Scope	Competencies
<ul style="list-style-type: none"> • High level description of the scope of this knowledge area, stressing its relevance to Data Science • The description should be in the form of a relatively small number of bullet points 	<ul style="list-style-type: none"> • To be kept at a very high level. More detail is provided with the sub-domains. • Provide bullet items that capture knowledge, skills, and dispositions
Sub-domains	
List sub-domains here	List additional sub-domains here

Рисунок 12. Формат описание области знаний (КА) [22].

За табличной формой представления КА следует последовательное описание под-доменов КА в следующем формате:

- Имя под-домена
- Краткий абзац с описанием под-домена
- Список тем/подтем знаний
- Список навыков
- Необязательный список диспозиций
- Необязательный раздел определения контекста.

Раздел знаний имеет форму маркированного списка основных тем/подтем в под-домене.

Раздел навыков представляет собой маркированный список навыков, которые необходимо приобрести во время изучения подобласти. Навыки также представляются в

виде маркерowanego списка. Фактически навыки здесь определяют результаты обучения (Learning outcomes - LO), выражая что ожидается достичь от студента посредством изучения определенных тем.

С навыками связывается дидактический параметр – уровень когнитивности, соответствующий определенной в CC2020 версии таксономии Блума (см. Таб. 5). Но для лучшей стилизации текста ВОК, как и в IT2017, при определении навыка вместо явного указания значения этого параметра (уровня когнитивности: Creating, Remembering, Understanding, Applying, Analyzing, Evaluating, Creating) используются так называемые глаголы действия, однозначно соответствующие одному из уровней когнитивности по Блуму, что позволяет формулировать навыки предложениями (как правило в повелительной форме) на естественном языке без дополнительной символики.

При описании ВОК дополнительно используются следующие дидактические параметры:

T1, T2 и E, которые связаны с различными элементами описания: под-доменами, знаниями, навыками и склонностями.

Их назначение следующее:

- T1 (уровень 1) обозначает предмет, который должны освоить все выпускники Data Science.
- T2 (уровень 2) обозначает предмет, который, как ожидается, что любой выпускник Data Science освоит большинство предметов T2.
- E (факультативный) означает элемент, который, хотя и важен, но может быть обоснованно рассмотрен как факультативный.

Указанные выше параметры могут появляться на разных уровнях детализации - при размещении параметра на уровне под-домена его действие распространяется на все элементы в этом под-домене, в противном случае такой параметр применяется на уровне позиции, где он размещен.

В качестве примера описания КА и ее под-доменов в Таб. 8 приведен пример описания КА «Analysis and Presentation (AP)», а в Таб. 9 приведен пример описания поддомена «AP-Основополагающие аспекты» из КА «Analysis and Presentation (AP)».

Таблица 8

Описание поддомена «AP-Основополагающие аспекты» из КА «Analysis and Presentation» [22]

Analysis and Presentation (AP)	
<p>The human computer interface provides the means whereby users interact with computer systems. The quality of that interface significantly affects usability in all its forms and encompasses a vast range of technologies: animation, visualisation, simulation, speech, video, recognition (of faces, of hand-writing, etc.) and graphics. For the data scientist, it is important to be aware of the range of options and possibilities, and to be able to deploy these as appropriate. Through the use of graphs and other forms of diagrams, visualisation can be used in providing readily understood summaries but can also greatly assist in guiding such activities as clustering and classification.</p> <p>Анализ и презентация данных (АП) Человеко-компьютерный интерфейс предоставляет средства, с помощью которых пользователи взаимодействуют с компьютерными системами. Качество этого интерфейса существенно влияет на удобство использования во всех его формах и охватывает широкий спектр технологий: анимацию, визуализацию, моделирование, речь, видео, распознавание (лиц, рукописного ввода и т. д.) и графику. Специалисту по обработке и анализу данных важно знать о множестве вариантов и возможностей и уметь использовать их по мере необходимости. Благодаря использованию графиков и других форм диаграмм визуализация может использоваться для предоставления понятных сводок, но также может значительно помочь в управлении такими действиями, как кластеризация и классификация.</p>	
Scope (Область применения)	Competencies (Компетенции)
<ul style="list-style-type: none"> • Importance of effectively presenting data, models, and inferences to clients in oral, written, and graphical formats. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recognize the main strands of knowledge underpinning approaches to Analysis and Presentation

<ul style="list-style-type: none"> ● Visualization techniques for exploring data and making inferences, as well as for presenting information to clients. ● Effective visualizations for different types of data, including time-varying data, spatial data, multivariate data, high-dimensional multivariate data, tree- or graph-structured data, discrete / continuous data, and text. ● Knowing the audience: the client or audience for a data science project is not, in general, another data scientist. ● Human-Computer Interface considerations for clients of data science products. ● Важность эффективного представления данных, моделей и выводов клиентам в устной, письменной и графической формах. ● Методы визуализации для изучения данных и создания выводов, а также для представления информации клиентам. ● Эффективная визуализация различных типов данных, включая изменяющиеся во времени данные, пространственные данные, многомерные данные, многомерные данные, древовидные или графически структурированные данные, дискретные/непрерывные данные и текст. ● Знание аудитории: клиент или аудитория проекта по науке о данных, как правило, не является специалистом по данным. ● Рекомендации по интерфейсу «человек-компьютер» для клиентов продуктов обработки данных. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Summarize the skills and techniques (including tools) that can be employed in addressing each of the challenges of Analysis and Presentation to create efficient and effective interfaces ● Apply a critical demeanor but also confidence and creativity regarding all aspects of the human computer interface ● Execute the selection of tools appropriate for the size of the data/Big Data to be rendered ● Знать основные направления знания, лежащие в основе подходов к анализу и презентации ● Обобщать навыки и методы (включая инструменты), которые можно использовать для решения каждой из задач анализа и презентации для создания эффективных и действенных интерфейсов. ● Проявлять критическое отношение, а также уверенность и творческий подход ко всем аспектам человеко-компьютерного интерфейса. ● Выполнять выбор инструментов, соответствующих размеру данных/большим данным, которые необходимо визуализировать.
Sub-domains (поддомены)	Sub-domains (additional)
AP-Foundational considerations – T1 AP-Visualization – T1 AP-User-centered design – T2 AP-Interaction design – T2 AP-Interface design and development – E	

Таблица 9

Описание поддомена «**AP-Основополагающие аспекты**» из КА «Analysis and Presentation» (с уровнем T1) [22]

<p>AP-Основополагающие аспекты – T1</p> <p>Представление данных в подходящей форме является сложной, но важной задачей. Для специалистов по данным это принципиально позволяет им отображать данные в форме, которая привлекательна для пользователей/ аудитории и легко и должным образом понятна, но также потенциально имеет большую ценность для предоставления информации и характеристик, включая базовую структуру. Принципиально это влияет на удобство использования.</p>
<p>Знание</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Контексты для обращения к интерфейсу человек-компьютер: визуализация данных, веб-страниц, мультимедийных материалов, учебных материалов, общей вычислительной среды с учетом навигационных соображений. ● Применимые теории, модели, принципы, рекомендации и стандарты для проектирования и реализации интерфейсов. ● Различные показатели эффективности и привлекательности интерфейса. ● Использование цвета и мультимедиа, а также эргономика и веб-сервисы ● Когнитивные модели, влияющие на взаимодействие ● Объем, преимущества и недостатки дополненной реальности. ● Поддержка программного обеспечения для помощи в восприятии анализа и презентации ● Вопросы доступности для различных групп пользователей, включая пользователей с особыми потребностями.

Навыки и умения

- Обосновывать принятие ориентированного на пользователя подхода к анализу и представлению данных
- Критически оценивать, как внимание, восприятие, распознавание, речь, движение влияют на удобство использования интерфейса в различных контекстах.
- Указывать, как формальные документы (теории, модели, рекомендации и т. д.) влияют на анализ и представление данных.
- Объяснять желаемое влияние пользователей с разными способностями и групп разного возраста (включая детей) на интерфейсы.
- Описывать, как тенденциозность может быть воспринята в интерфейсах.
- Описывать спектр программного обеспечения, которое можно использовать для поддержки анализа и презентации.
- Демонстрировать дополнительные преимущества и проблемы интерфейса дополненной реальности.

Диспозиции

- Страстное и ответственное признание жизненно важной роли интерфейса во всех аспектах удобства использования

В конце CCDSC предложен набор курсов примерной учебной программы использующих определенные в ВОК области знаний.

Итоговые характеристики ВОК, описанного в CCDSC, следующие:

- ВОК содержит 11 областей (и 4 подобласти), разбитых на 82 под-домена,
- для описания знаний используется 430 тем (208 – уровня T1, 153 – уровня T2 и 69 – уровня E),
- для описания результатов обучения в виде навыков используется 395 навыков (162 – уровня T1, 160 – уровня T2 и 73 – уровня E).

В заключение, подводя итог анализа CCDSC, следует отметить, что за основу его разработки был принят традиционный знание-ориентированный подход, с помощью которого ВОК разработан в виде иерархической трехуровневой структуры, состоящей из областей/под-областей знаний, под-доменов знаний, тем знаний. Понятие компетенции использовалось только для определения результатов обучения Data Science «на высоком уровне». Всего определено 70 компетенций высокого уровня, при этом детальное описание компетенций высокого уровня, как это предлагалось в CC2020, не применялось. Однако метод описания компетенций, предложенный с CC2020, использовался для описания семантики под-доменов знаний – сами знания определяются списками тем, результаты обучения представлены списком навыков, к которым добавляются необязательные диспозиции и контексты.

5.3. Куррикулум дисциплины «Кибербезопасность» 2021 (ККБ2021 (CybSec2021)).

В данном разделе рассмотрены архитектура и основные особенности куррикулума нового поколения дисциплины «Кибербезопасность», представляющего собой учебно-методический материал в виде руководства по разработке образовательных программ для подготовки профессиональных кадров высшей квалификации по кибербезопасности (информационной безопасности).

Данная разработка выполнялась при поддержке профильного подразделения Сбербанка России с целью формирования методического обеспечения системы развития цифровых навыков, ориентированных на область кибербезопасности. Создание данного куррикулума явилось заключительным этапом проекта, выполненного на кафедре информационной безопасности ВМК МГУ, по исследованию системы цифровых навыков кибербезопасности. Результатом первого этапа проекта стала разработка модели цифровых навыков кибербезопасности (МНК) [20] на основе концепции цифровых навыков SFIA, на втором этапе были разработаны в соответствии с МНК свод знаний кибербезопасности (СЗК) и куррикулум кибербезопасности [23]. На основе данного куррикулума предложен профиль «Кибербезопасность и искусственный интеллект» для направления подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (ФИИТ) [24], изначально созданного как многопрофильный стандарт, ориентированный на подготовку ИТ-профессионалов по широкому спектру ИТ-направлений.

5.3.1. Архитектура свода знаний кибербезопасности (СЗК).

Основным содержанием куррикулума кибербезопасности является описание СЗК, разработанного на основе МНК. Так как в концепции навыков ключевым элементом навыка служит объем знаний, необходимый для успешной реализации функциональности навыка, архитектура СЗК представляет собой структуру аналогичную архитектуре МНК, с тем отличием, что элементы этой структуры интерпретируются не как совокупности навыков, а как совокупности знаний и умений им соответствующих. Архитектура СЗК является многоуровневой иерархической структурой. На верхнем уровне этой структуры располагаются **категории доменов знаний**, объединяющие описания знаний одного или нескольких **доменов**, представляющих второй уровень иерархии и каждый из которых в свою очередь структурируется на **модули знаний**, состоящие из тем. Темы, для которых определен уровень когнитивности являются обязательными и рассматриваются как результаты обучения. С каждым модулем связывается один или несколько предметных навыков-целей, определяющих целевые ориентиры изучения модулей.

Высокоуровневое представление архитектуры СЗК иллюстрируется на Рис.13.



Рисунок 13. Высокоуровневое представление архитектуры (на уровне категорий доменов навыков) СЗК.

В отличие от других куррикулумов компьютеринга ККБ 2021 является полным, т.е. в его СЗК включены все домены знаний, необходимые для составления полной учебной программы подготовки выпускников, включая домены/дисциплины математики, компьютерных наук и менеджмента. СЗК можно рассматривать состоящим из следующих разделов:

- 1) Профессионально-ориентированного раздела - раздела кибербезопасности.
- 2) Раздела базовой подготовки - математика–информатика-менеджмент.
- 3) Раздела развития мягких навыков (профессиональных-социальных-личностных характеристик).
- 4) Раздела практико-ориентированной подготовки (в значительной степени привязанной к прикладному домену деятельности).

В состав СЗК входят следующие категории доменов знаний:

1. Человеческие, организационные и нормативные аспекты
2. Атаки и Защита
3. Безопасность систем
4. Безопасность программного обеспечения и платформ
5. Безопасность инфраструктуры
6. Безопасность технологий
7. Основы компьютерных наук
8. Математика для кибербезопасности
9. Менеджмент проектов и системы менеджмента качества
10. Универсальные трудовые и социально-личностные (мягкие) навыки

11. Секторальные домены.

Всего в СЗК входит 50 доменов знаний, которые структурируются на модули знаний, темы и подтемы. Полный состав доменов знаний представлен в [23], из них 20 доменов знаний непосредственно связаны с проблематикой кибербезопасности, набор этих доменов представлен в Таб. 10.

Таблица 10

Набор доменов знаний, непосредственно связанных с кибербезопасностью.

Категории	Домены знаний
1. Человеческие, организационные и нормативные аспекты (Human, Organisational, and Regulatory Aspects)	1. Управление рисками и непрерывностью бизнеса – УР (Risk and Business Continuity Management - RM) 2. Юридические и нормативные аспекты ИБ – ЮНА (Legal and regulatory aspects of information security - LRA) 3. Человеческие факторы в ИБ – ЧФ (Human Factors in Information Security - HF) 4. ИБ онлайн-деятельности – БОД (Information Security of Online Activities - SOA)
2. Атаки и Защита (Attacks and Defences)	5. Вредоносные программы и средства защиты - ВП (Malware and means of protection - MMP) 6. Роли и модели атак – РМА (Roles and Models of Cyber Attacks - RMA) 7. Операции и управление инцидентами ИБ – ОУИ (Information Security Operations and Incident Management - OIM) 8. Цифровая криминалистика – ЦК (Digital Forensics - DF)
3. Безопасность систем	9. Криптография – КР (Cryptography - CR) 10. Безопасность операционных систем и виртуализации – БОСВ (Operating System and Virtualization Security - OSVS) 11. Безопасность распределенных систем – БРС (Security of Distributed Systems - SDS) 12. Аутентификация, авторизация и учетность – ААН (Authentication, Authorization, and Reporting - AAR)
4. Безопасность программного обеспечения и платформ (Software and Platform Security)	13. Безопасность программного обеспечения – БПО (Software security - SWS) 14. Безопасность веб-платформ и веб-сервисов – БВВ (Security of web platforms and web services - SWW)
5. Безопасность инфраструктуры (Infrastructure Security)	15. Сетевая безопасность (Network Security) 16. Безопасность аппаратного уровня (Hardware Security) 17. Безопасность кибер-физических систем (Cyber-Physical Systems Security) 18. Безопасность физического уровня и телекоммуникаций (Physical Layer & Telecommunications Security)
6. Безопасность технологий	19. Безопасность технологий Больших Данных – ББД (Security of Big Data technologies – SBD) 20. Безопасность интернета вещей – БИВ (IoT security - IOTS)

5.3.2. Основные принципы и особенности построения куррикулума

В этом разделе рассмотрим основные принципы и особенности построения настоящего руководства.

1) Ориентация на концепцию цифровых профессиональных навыков.

Данное руководство ориентировано на концепцию цифровых навыков, продвигаемую фондом SFIA с помощью системы профессиональных стандартов в сфере ИТ [7], а его СЗК

разработан в соответствии с моделью навыков кибербезопасности или МНК [20], Руководство предназначено для разработки учебных программ, развивающих определенные в МНК навыки.

2) Знание-ориентированный подход к проектированию свода знаний кибербезопасности. Проектирование СЗК осуществлялось на основе знание-ориентированного подхода, в процессе реализации которого обеспечивалось соответствие архитектуры и целей СЗК архитектуре и навыкам МНК. СЗК представляет собой иерархическую структуру, имеющую четыре уровни иерархии: категории, домены, модули, темы/подтемы.

3) Концепция ядра. В составе СЗК выделяются дидактические единицы, определяющие фундаментальные, принципиально необходимые базовые знания, которыми должны обладать все выпускники по программам кибербезопасности. В рассматриваемом СЗК к ядру относятся все темы, с которыми связываются дидактические параметры, определяющие уровень когнитивности. Такое ядро представляет собой минимально необходимый объем знаний для всех программ кибербезопасности. Концепция ядра (core) свода знаний является важным методическим приемом, который способствует поддержке целостности образовательного пространства, мобильности учащихся, гарантирует заданный уровень качества базовой подготовки.

4) Использование дидактических параметров уровней когнитивности (мастерства) для отображения тем знаний в результаты обучения.

В курсе для указания планируемого уровня мастерства или уровня когнитивности, достигаемого в результате обучения, используется таксономия Блума [19], с помощью которой определяется степень и характер владения знаниями и умениями в результате изучения темы. Учитывая использование в СЗК значительной части объема знаний из CS2013 [25], для сохранения совместимости с первоисточником в настоящем руководстве применяется тот же набор уровней когнитивности, что и в CS2013 (Знакомство (Familiarity (F)), Использование (Usage (U)), Оценка (Assessment (A))). При этом уровни когнитивности имеют следующую интерпретацию:

- Знакомство - понимается как знание и понимание в таксономии Блума,
- Использование - понимается как применение и анализ в таксономии Блума,
- Оценка - понимается как синтез и оценки в таксономии.

5) Углубленная целенаправленная математическая подготовка. Учитывая высокую наукоемкость кибербезопасности, обширность областей исследований и разработок в интересах решения задач кибербезопасности, а также ту роль, которую играют математические знания в таких исследованиях, в СЗК включен пучок из 12 математических дисциплин [23], изучение которых позволит создать обучающимся мощную математическую базу знаний для решения сложных научных задач в области кибербезопасности.

6) Углубленная подготовка в области компьютерных наук. Значительная часть технологий и решений в области кибербезопасности основывается на глубоком понимании научно-методических, программно-алгоритмических и инструментальных основ ИТ, сконцентрированных в области знаний под названием компьютерные науки (Computer Science - CS). В связи с чем в СЗК значительное внимание уделено развитию навыков в этом секторе знаний, и в состав СЗК включена в качестве знаниевых доменов большая часть актуализированных предметных областей из CS2013.

7) Углубленная профессиональная подготовка по кибербезопасности. Состав доменов, непосредственно связанных с развитием навыков кибербезопасности, а также их наполнение, формировались на основе анализа стандартов курсов, таких, как, CS2013 [25] (область «Информационное обеспечение и информационная безопасность» (*Information Assurance and Security - IAS*)) и Cybersecurity Curricula 2017 или CSEC2017 [26], свода профессиональных знаний по кибербезопасности CyBOK [10], ряда методических материалов и международных стандартов.

8) Развитие навыков менеджмента для реализации проектов по кибербезопасности. С целью развития навыков менеджмента в управлении процессами, связанными с выполнением проектов в области кибербезопасности, и процессами менеджмента качества в СЗК введена категория доменов «Менеджмент проектов и системы менеджмента качества», включающая два домена: Проектный менеджмент – ПМ (Project management - PM) и - Системы менеджмента качества – СМК (Quality management systems – QMS)

10) Практико-ориентированная подготовка. Чрезвычайно важна для закрепления навыков и знаний, получаемых при обучении по программам кибербезопасности, разработанных на основе данного руководства. Сотрудничество с профильным подразделением СБ РФ показало эффективность включения в учебный план набора практико-ориентированных занятий (курсов), отражающих элементы реальной деятельности специалистов кибербезопасности в выбранном секторальном домене и ориентированных на проектную деятельность обучающихся.

11) Гибкость применения для различных уровней обучения. Основу данного руководства составляет СЗК, построенный на основе анализа современных профессиональных стандартов, стандартизованных объемов профессиональных знаний, стандартов курикулов системы ИТ-образования, методических основ, определенных в стандартах кибербезопасности, области ИТ и ее приложений. В связи с чем такой свод знаний может быть использован при разработке программ по кибербезопасности разного уровня образования: бакалавриата, специалитета, магистратуры, а также различных программ дополнительного образования.

12) Акцентированное обучение методическим основам кибербезопасности. При подготовке профессиональных кадров по кибербезопасности акцентированное внимание уделяется систематическому изучению методических основ кибербезопасности, определенных в стандартах по информационной безопасности, области ИТ и ее приложений.

13) Базовым элементом описания свода знаний является модуль знаний, семантика которого определяется набором тем/подтем. Связанный с темами уровень когнитивности обращает темы в ожидаемые результаты обучения. Описание модуля завершается списком навыков, уточняющих цель обучения данному модулю знаний. Описание содержания модулей имеет следующий вид:

<код домена> / <название модуля>

Темы-результаты:

<список тем/подтем>

Навыки-цели:

<навык-цель или список целевых навыков>

Подробнее метод описания СЗК описан в [23].

Заключение

Целью статьи являлся анализ современного состояния процессов международной стандартизации методических основ системы подготовки профессиональных кадров в области информационных технологий (ИТ), называемой в университетском окружении «компьютерингом» (computing). В статье рассмотрены три направления стандартизации, а именно: стандартизация цифровых навыков/компетенций, создание общезначимых отраслевых (профессиональных) сводов знаний (VoKs) и стандартизация курикулов (учебно-методических материалов) по направлениям подготовки ИТ-кадров. По каждому из указанных направлений стандартизации рассмотрены современные решения такие, как, например, стандарт SFIA 8 в области цифровых навыков, свод профессиональных знаний по кибербезопасности CyVoK, а также серия новых стандартов курикулов – CC2020, IS2020, DS2021 и отечественная разработка ККБ2021 (CybSec2021). В статье показана взаимосвязь этих трех направлений стандартизации, играющих важную роль в развитии

современной системы ИТ-образования, рассмотрены перспективы развития курикулумной стандартизации.

Литература

- [1] Сухомлин, В. А. Система развития цифровых навыков ВМК МГУ & Базальт СПО. Методика классификации и описания требований к сотрудникам и содержанию образовательных программ в сфере информационных технологий / В. А. Сухомлин, Е. В. Зубарева, Д. Е. Намиот, А. В. Якушин. – М.: Базальт СПО; МАКС Пресс, 184 с.
- [2] DIN EN 16234-1-2020 e-Competence Framework (e-CF) - A common European Framework for ICT Professionals - <https://docs.cntd.ru/document/564642293>
- [3] European ICT Professional Profiles - updated by e-CF version 3.0 competences - This CEN Workshop Agreement (CWA) defines a set of European ICT Professional Profiles.
[Электронный ресурс] URL: http://relaunch.ecompetences.eu/wp-content/uploads/2013/12/EU_ICT_Professional_Profiles_CWA_updated_by_e_CF_3.0.pdf
- [4] Development of the e-CF User Tool. START DATE 01/07/2020. [Электронный ресурс] URL: <https://pledgeviewer.eu.translate.google/pledge/initiative/495? x tr sl=en& x tr tl=ru& x tr hl=en-GB& x tr pto=op.sc>
- [5] i Competency Dictionary (iCD). [Электронный ресурс] URL: - <https://www.ipa.go.jp/english/humandev/icd.html>
- [6] General Incorporated Association iCD Association About the start of provision of iCD x SFIA cooperation solution 2021-07-11. [Электронный ресурс] URL: - <https://re-how.net/all/1227603/>
- [7] SFIA/ The global skills and competency framework for the digital world. [Электронный ресурс] URL: - <https://sfia-online.org/en/sfia-8>.
- [8] SWEБОК. [Электронный ресурс] URL: http://swebokwiki.org/Main_Page.
- [9] BABOK. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iiba.org/standards-and-resources/babok/>.
- [10] CyBOK (The Cyber Security Body of Knowledge). [Электронный ресурс] URL: <https://www.cybok.org/media/downloads/CyBOK-version-1.0.pdf>.
- [11] APM. [Электронный ресурс] URL: <https://www.apm.org.uk/body-of-knowledge/>.
- [12] PMBOK. [Электронный ресурс] URL: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>.
- [13] SEBOK. [Электронный ресурс] URL: [https://www.sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_\(SEBOK\)](https://www.sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_(SEBOK)).
- [14] Сухомлин В.А., Белякова О.С., Климина А.С., Полянская М.С., Русанов А.А. Фреймворк «Модель навыков кибербезопасности» - 2020. Научное издание.
- [15] Сухомлин В.А. Международные образовательные стандарты в области информационных технологий. Прикладная "информатика, 2012, № 1(37), с. 33-54.
- [16] Computing Curricula 2005 (CC2005). Association for Computing Machinery and Computer Society of IEEE.
- [17] Computing Curricula 2020. [Электронный ресурс] URL <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2020.pdf>
- [18] Information Technology Curricula 2017: Curriculum Guidelines for Baccalaureate Degree Programs in Information Technology. ACM, New York, NY, USA, 2017.
- [19] Anderson, L.W. et al., A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition, (White Plains, NY Longman, 2001)
- [20] Сухомлин В.А., Белякова О.С., Климина А.С., Полянская М.С., Русанов А.А. Модель цифровых навыков кибербезопасности / Фонд Лига интернет-медиа, 2021 - 294 стр.
- [21] A Competency Model for Undergraduate Programs in Information Systems The Joint ACM/AIS IS2020. [Электронный ресурс] URL:

[22] Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula (CCDSC) ACM Data Science Task Force January 2021. [Электронный ресурс] URL:

[23] SUKHOMLIN, Vladimir Alexandrovich et al. Архитектура и принципы разработки куррикулума для дисциплины "Кибербезопасность". Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование», [S.l.], v. 16, n. 4, p. 927-939, dec. 2020. ISSN 2411-1473. Доступно на:

<<http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/716>>. Дата доступа: 10 jan. 2022

doi: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202004.927-939>.

[24] Сухомлин В.А. Создание профиля "Кибербезопасность и искусственный интеллект". Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование», [S.l.], v. 17, n. 3, sep. 2021. ISSN 2411-1473.-

[25] 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.

[26] 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.