

## Новый этап международной стандартизации ИТ-образования

В. А. Сухомлин<sup>1,2\*</sup>, Е. В. Зубарева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Российская Федерация

119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

<sup>2</sup> ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Российская Федерация

119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44-2

\* sukhomlin@mail.ru

### Аннотация

Статья посвящена анализу современного состояния процессов международной стандартизации, формирующих методические основы для решения задач подготовки профессиональных кадров по информационным технологиям (ИТ), исторически получивших в университетском окружении академическое название «компьютинг» (computing). Формирование таких методических основ системы ИТ-образования рассматривается в виде трех взаимосвязанных процессов стандартизации, а именно, стандартизации цифровых навыков/компетенций, промышленных (профессиональных) сводов знаний (BoK), куррикулумов по направлениям подготовки ИТ-кадров. По каждому из указанных процессов стандартизации рассматриваются современные достижения, как, например, в области цифровых навыков – стандарты SFIA 8, в сфере профессиональных знаний – SEBoK и CyBoK, в части стандартов куррикулумов – CC2020, IS2020, DS2021, KB2021. Выполненный в статье анализ процессов международной стандартизации, связанных со сферой ИТ-образования, которое следует рассматривать как важнейший сектор образовательной деятельности вообще, показывает стремительное (лавинообразное) развитие этой деятельности на принципах системности, целостности, интеграции.

**Ключевые слова:** информационные технологии, 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, своды профессиональных знаний, промышленные своды знаний, стандарты куррикулумов ИТ-образования, кибербезопасность, информационная безопасность, архитектурная модель кибербезопасности

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Сухомлин, В. А. Новый этап международной стандартизации ИТ-образования / В. А. Сухомлин, Е. В. Зубарева. – DOI 10.25559/SITITO.17.202103.697-723 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 697-723.

© Сухомлин В. А., Зубарева Е. В., 2021



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



## The New Stage of International Standardization of IT Education

V. A. Sukhomlin<sup>a,b\*</sup>, E. V. Zubareva<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
1 Leninskie gory, Moscow 119991, GSP-1, Russian Federation

<sup>b</sup> Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

44 Vavilov St., building 2, Moscow 119333, Russian Federation

\* sukhomlin@mail.ru

### Abstract

The article is devoted to the analysis of the current state of the processes of international standardization of the methodological foundations of the system for training professional personnel in the field of information technology (IT) known as "computing" in the academic environment. The article considers three interrelated standardization processes, namely, the standardization of digital skills / competencies, the creation of generally significant industry (professional) bodies of knowledge (BoKs), as well as the standardization of curricula in the areas of IT training. The analysis of international standardization processes that are directly related to the IT education system, which should be considered as the most important sector of educational activity, is carried out. This analysis showed the high rates of development of these processes on the principles of consistency, integrity, and integration.

**Keywords:** information technology, IT education, digitalization, digital skills, competencies, IT education profiles, classification and description of digital skills, frameworks for describing IT roles/skills/competencies, SFIA skills system for the information age, curriculum, computing, IT education, learning outcomes, body of knowledge (BoK), body of professional knowledge, industrial body of knowledge, IT education curriculum standards, cybersecurity, information security, cybersecurity architectural model

*The authors declare no conflict of interest.*

**For citation:** Sukhomlin V.A., Zubareva E.V. The New Stage of International Standardization of IT Education. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2021; 17(3):697-723. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202103.697-723>

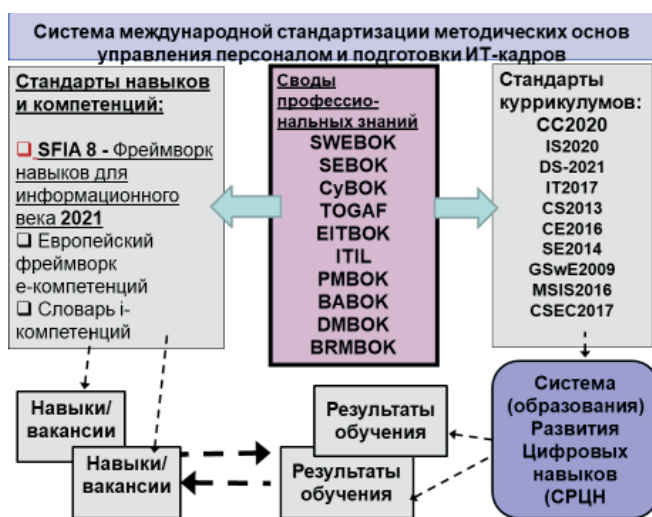


## Введение

Процесс стандартизации методических основ в сфере управления персоналом и подготовки профессиональных кадров в области информационных технологий (ИТ), многие годы складывается из следующих основных направлений, осуществляемых независимо друг от друга:

- стандартизации квалификационных требований (компетенций/навыков/профилей профессиональных ролей) в области информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), в данной работе ИКТ и ИТ будем считать синонимами),
- создания отраслевых сводов знаний (Body of Knowledge – BoK) для актуальных доменов и видов деятельности области ИТ,
- стандартизации курсов (учебно-методических материалов) по направлениям подготовки ИТ-кадров в системе образования.

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 рисунке 1.



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

Fig. 1. International standardization processes in the field of personnel management and training of professional IT personnel

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

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

- Фреймворк 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 e-компетенций версии 4.0 (The European e-Competence Framework (e-CF) version 4.0), разработанный Европейским институтом стандартов CEN и пришедший в 2020 г. на смену стандарту e-CF 3.0<sup>1</sup>. Новый фреймворк содержит справочную информацию о 41 компетенции, применяемых на рабочих местах в ИКТ-отрасли<sup>2</sup>.

Понятие компетенция в e-CF определяется следующим образом: «Компетенция (*competence*) – это продемонстрированная способность применять знания, навыки и подходы для достижения наблюдаемых результатов»<sup>3</sup>. 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<sup>4</sup>. Компетенция является достаточно устойчивой во времени структурой, характеризующейся в e-CF как долговременная сущность, требующая технического обслуживания для поддержа-

<sup>1</sup> European ICT Professional Profiles – updated by e-CF version 3 competences. CEN, 2012. 82 p. [Электронный ресурс]. URL: [http://relaunch.ecompetences.eu/wp-content/uploads/2013/12/EU\\_ICT\\_Professional\\_Profiles\\_CWA\\_updated\\_by\\_e\\_CF\\_3.0.pdf](http://relaunch.ecompetences.eu/wp-content/uploads/2013/12/EU_ICT_Professional_Profiles_CWA_updated_by_e_CF_3.0.pdf) (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>2</sup> e-Competence Framework (e-CF) 4.0. A common European Framework for ICT Professionals in all sectors – Part 1: Framework. CEN, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://itprofessionalism.org/about-it-professionalism/competences/the-e-competence-framework> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Вольпян Н. Обзор Европейских стандартов ИКТ-компетенций [Электронный ресурс] // Information Management. 2013. № 07. С. 30-35. URL: <http://>



ния актуальности примерно каждые три года.

Гармонизация с e-CF соответствующих национальных стандартов позволяет унифицировать деятельность в области управления трудовыми ресурсами в европейском регионе [2-5]. В России таким действующим стандартом является ГОСТ Р 55767-2013, который соответствует e-CF 2.0<sup>5</sup>.

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 4.0 определена 41 компетенция).
- Измерение 3: определяет уровни владения компетенцией – 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<sup>6</sup>:

- 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)»<sup>7</sup>. ICD является результатом исследования IPA об идеальном стандарте навыков в области развития ИТ-кадров. ICD предлагает описание задач, навыков, ролей, необходимых не только для традиционной бизнес-модели, такой как системный интегратор, но и для бизнес-моделей нового века, таких как кибербез-

опасность, 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 (BOK) (около 10 000 элементов).

В последнее время наметилось тесное сотрудничество между IPA и SFIA, направленное на согласование своих стандартов<sup>8</sup>. 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<sup>9</sup>. С помощью навыков системы SFIA, используемых в качестве строительных блоков, может быть описан обширный класс профессиональных ролей, связанных с областью ИКТ [6].

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 зарекомендовали 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 совокуп-

ictclub-vologda.ru/sites/default/files/news/attachment/european\_ict\_skills\_information\_management\_no7\_2013.pdf (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>5</sup> ГОСТ Р 55767-2013/CWA 16234-1:2010 Информационная технология. Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0 Часть 1. Общая европейская рамка компетенций ИКТ-специалистов для всех секторов индустрии = Information technology. European e-Competence Framework 2.0. Part 1. A common European framework for ICT professionals in all industry sectors: национальный стандарт РФ: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 ноября 2013 г. № 1545-ст: введен впервые: дата введения 2015-01-01 / подготовлен ООО «ИАВЦ». Москва: Стандартинформ, 2015.

<sup>6</sup> Development of the e-CF User Tool [Электронный ресурс] // Digital Skills and Jobs Coalition. European Commission, 2021. URL: <https://pledgeviewer.eu/pledge/initiative/495> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>7</sup> i Competency Dictionary [Электронный ресурс] // Information-technology Promotion Agency, Japan, 2021. URL: <https://www.ipa.go.jp/english/humandev/icd.html> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>8</sup> General Incorporated Association iCD Association About the start of provision of iCD x SFIA cooperation solution [Электронный ресурс] // Japan NEWS. 2021.07.11. URL: <https://re-how.net/all/1227603> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>9</sup> SFIA. Version 8 [Электронный ресурс] // SFIA Foundation, 2021. URL: <https://sfia-online.org/en/sfia-8> (дата обращения: 15.07.2021).



ности 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 Таблице 1 в двуязычном формате.

Т а б л и ц а 1. Состав категорий / подкатегорий навыков SFIA8  
Table 1. Category Composition / subcategories of skills SFIA8

<b>Categories / Subcategories</b>	<b>Категории/подкатегории</b>
<b>Strategy and architecture</b>	<b>Стратегия и архитектура</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strategy and planning</li> <li>• Security and privacy</li> <li>• Governance, risk and compliance</li> <li>• Advice and guidance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стратегия и планирование</li> <li>• Безопасность и конфиденциальность</li> <li>• Управление, риски и согласие</li> <li>• Совет и руководство</li> </ul>
<b>Change and transformation</b>	<b>Изменение и трансформация</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Change implementation</li> <li>• Change analysis</li> <li>• Change planning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Реализация изменений</li> <li>• Анализ изменений</li> <li>• Планирование изменений</li> </ul>
<b>Development and implementation</b>	<b>Разработка и реализация</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems development</li> <li>• Data and analytics</li> <li>• User experience</li> <li>• Content management</li> <li>• Computational science</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка систем</li> <li>• Данные и аналитика</li> <li>• Пользовательский опыт</li> <li>• Управление содержанием</li> <li>• Вычислительная наука</li> </ul>
<b>Delivery and operation</b>	<b>Доставка и эксплуатация</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technology management</li> <li>• Service management</li> <li>• Security services</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Управление технологиями</li> <li>• Управление услугами</li> <li>• Сервисы безопасности</li> </ul>
<b>People and Skills</b>	<b>Люди и навыки</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• People management</li> <li>• Skills management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Управление персоналом</li> <li>• Управление навыками</li> </ul>
<b>Relationships and engagement</b>	<b>Отношения и взаимодействие</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stakeholder management</li> <li>• Sales and marketing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Управление заинтересованными сторонами</li> <li>• Продажи и маркетинг</li> </ul>

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/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).

Стандарт SFIA стал общепринятым языком, для описания на-

выков 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 из приоритетных направлений деятельности SFIA является развитие кооперации с организациями-разработчиками профессиональных/отраслевых сводов знаний – VoKs (Bodies of Knowledge) с целью более точного описания знаний цифровых навыков в соответствии с признанными на международном уровне VoKs, так как именно знания определяются ключевыми элементами навыков.

Отраслевые своды знаний или VoKs представляют собой признанные на международном уровне описания знаний и умений, навыков/компетенций по отдельным областям и сферам деятельности, связанным с ИТ [7-13].

Так, например:

- навыки SFIA, имеющие отношение к программной ин-



женерии, разработаны с использованием SWEBOOK v3 (Software Engineering BoK, IEEE Computer Society)<sup>10</sup>,

- навыки, относящиеся к бизнес-аналитике, – с использованием BABOK (Business Analysis BoK, IIBA – International Institute of Business Analysis)<sup>11</sup>,
- навыки специалистов по информационной безопасности – с использованием CyBoK (The Cyber Security Body of Knowledge Version 1.0)<sup>12</sup>,
- навыки управления проектами и рисками – с использованием APM (Project Management BoK, Association for Project Management)<sup>13</sup> и PMBOK (Project Management BoK, Project Management Institute)<sup>14</sup>,
- навыки системной инженерии – с использованием SEBoK (Systems Engineering Body of Knowledge)<sup>15</sup> 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.

## Стандартизация отраслевых сводов знаний в области ИТ

Как отмечалось выше, отраслевые своды знаний или BoKs представляют собой описания знаний и умений, навыков/компетенций по специальному направлению ИТ или сферам деятельности, связанным с ИТ. За разработку и сопровождение таких BoKs отвечают авторитетные, как правило, международные организации. Каждый BoK по существу есть стандарт 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 обла-

сти ИТ. Список из наиболее известных сводов знаний включает несколько десятков BoKs<sup>16</sup>.

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)<sup>17</sup>.

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 CyBOK более 830 страниц, он содержит более 1800 ссылок на

<sup>10</sup> SWEBOOK 3.0: Guide to the Software Engineering Body of Knowledge / ed. by P. Bourque, R. E. Fairley. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://cs.fit.edu/~kgallagher/Schtick/Serious/SWEBOOKv3.pdf> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>11</sup> A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide) [Электронный ресурс] // International Institute of Business Analysis, 2021. URL: <https://www.iiba.org/career-resources/a-business-analysis-professionals-foundation-for-success/babok/> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>12</sup> CyBok: The Cyber Security Body of Knowledge / ed. by A. Rashid [и др.]. Version 1.0. 31st October, 2019. National Cyber Security Centre, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cybok.org> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>13</sup> APM Body of Knowledge / ed. by D. Dalcher [и др.]. 7th ed. Association for Project Management, 2019. 395 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.apm.org.uk/body-of-knowledge> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>14</sup> A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) and The Standard for Project Management. 7th ed. Project Management Institute, 2021. 250 p.

<sup>15</sup> Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) / ed. by R. J. Cloutier, N. Hutchison [и др.]. IEEE, 2021. [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)) (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>16</sup> List of Bodies of Knowledge [Электронный ресурс] // SFIA Foundation, 2021. URL: <https://sfia-online.org/en/tools-and-resources/bodies-of-knowledge/list-of-bodies-of-knowledge> (дата обращения: 15.07.2021).

<sup>17</sup> CyBok: The Cyber Security Body of Knowledge / ed. by A. Rashid [и др.]. Version 1.0. 31st October, 2019. National Cyber Security Centre, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cybok.org> (дата обращения: 15.07.2021).



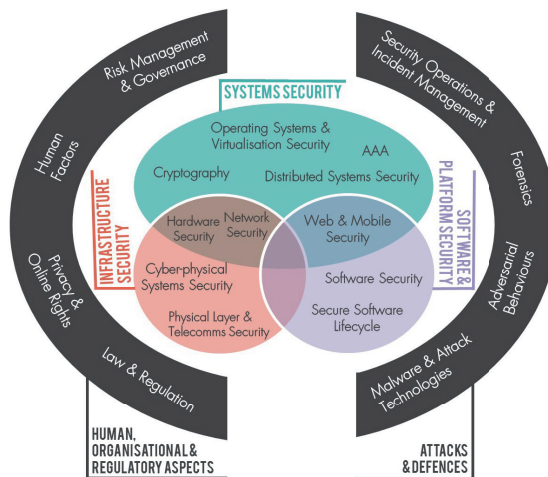
актуальные информационные ресурсы.

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 рисунке 2, а также приводится в Таблице 2 с кратким описанием содержания областей.



Р и с. 2. Категории СуВоК и их разбиение на области<sup>18</sup>  
F i g. 2. CyBoK Categories and their division into regions

Т а б л и ц а 2. Разбиение категорий на области с кратким описанием содержания областей [14, С. 141-143]  
T a b l e 2. Division of categories into areas with a brief description of the content of the areas [14, p. 141-143]

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 этики 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 онлайн-права (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 нарушителями, 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

<sup>18</sup> Там же.



Категории	Области (Areas)	Назначение
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 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
Безопасность инфраструктуры (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 нарушителей, 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.

## Стандартизация курсов и учебных программ образовательных направлений в области ИТ

За последние полвека сложилась целостная система разработки и сопровождения международных стандартов и рекомендаций в виде курсов и учебных программ для основных направлений подготовки ИТ-кадров, называемая курсовой стандартизацией [15-17], которая стала важнейшим методологиче-

ским 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 куррикулумной стандартизации последние пятнадцать лет служил документ CC2005, в котором определена архитектура системы куррикулумов, описаны важнейшие методологические положения, лежащие в основе куррикулумного подхода<sup>19</sup>.

31 декабря 2020 года был опубликован документ Computing Curricula 2020 (CC2020), заявленный как преемник CC2005, и новый основной концептуальный и методологический документ куррикулумной стандартизации на следующее десятилетие<sup>20</sup>. Таким образом CC2020 открывает новый этап куррикулумной стандартизации [18; 19].

Далее рассмотрим основные черты CC2020 и новые куррикулумы, разработанные на его основе.

### Назначение и характерные черты Computing Curricula 2020 (CC2020)

Как определено в CC2020, цель его разработки состояла в том, чтобы предоставить глобальное руководство в развивающейся среде компьютеринга (академический аналог 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 CC2020 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.

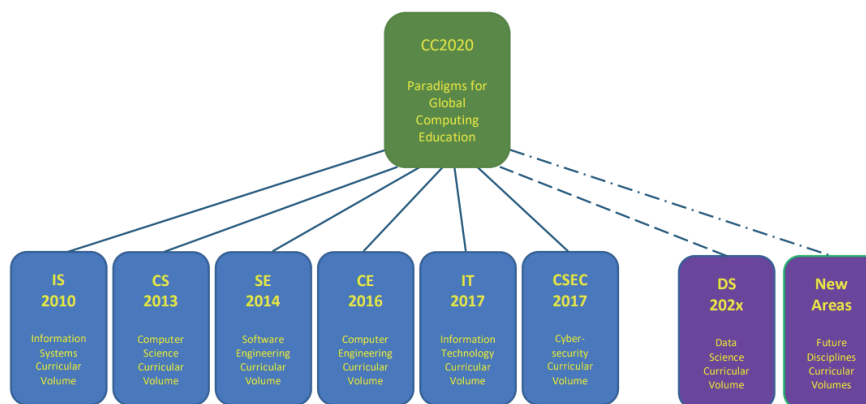
CC2020 – многоплановый документ, заслуживающий детального изучения. В данной же статье кратко рассмотрим только некоторые представленные в нем темы, а именно: уточнение

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.

### Архитектура компьютеринга

В CC2020 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 рисунке 3, где на верхнем уровне располагается методологический документ – отчет CC2020, а нижний уровень отводится куррикулумам по актуальным направлениям области ИТ. В настоящее время 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).



Р и с. 3. Современная архитектура системы куррикулумов<sup>21</sup>  
F i g. 3. Structure of the Computing Curricula Series

<sup>19</sup> Computing Curricula 2005 (CC2005) / ed. by CORPORATE The Joint Task Force on Computing Curricula. ACM, IEEE Press, 2006. 56 p.

<sup>20</sup> Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education / ed. by CC2020 Task Force. ACM, New York, NY, USA, 2020. 205 p. doi: <https://doi.org/10.1145/3467967>

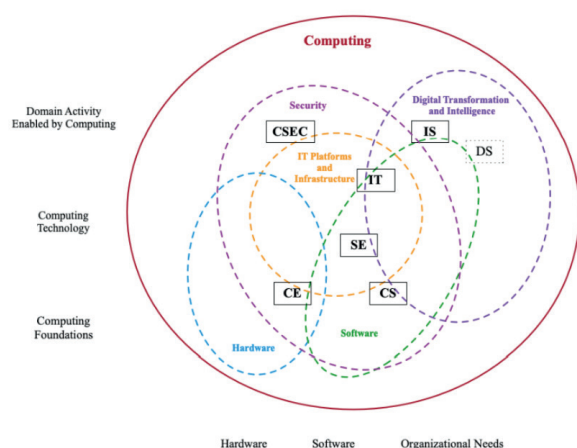
<sup>21</sup> Там же. С. 19.



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

На рисунке 4 показаны три уровня абстракции ИТ-активностей: теоретический (*foundation*), технологический (*technology*), прикладных/доменных активностей (*domain activity*) – по оси «Y», соотношенных 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.



Р и с. 4. Примерное сопоставление сфер деятельности по направлениям подготовки осуществляется с помощью графической модели сфер активностей<sup>22</sup>

Fig. 4. A contemporary view of the landscape of computing education  
Legend: Curricular reports: CE=computer engineering; CS=computer science; CSEC=cybersecurity; IS=information systems; IT=information technology; SE=software engineering; DS=data science

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

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

Первый набор включает направления, для которых ведется разработка специализированных учебных программ. Этот набор называется «текущими курикулумными областями» (Current curricular areas). В него входят следующие направления:

- искусственный и расширенный интеллект (Artificial and Augmented Intelligence – AI)
- облачные вычисления (Cloud Computing)
- умные города (Smart Cities)
- устойчивость (Sustainability)

- параллельные вычисления (Parallel Computing)
- интернет вещей (Internet of Things)
- граничные вычисления (Edge Computing)

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

- глубокое обучение (Deep Learning) и машинное обучение (Machine Learning),
- цифровые валюты (Digital Currencies),
- блокчейн (Blockchain),
- промышленный Интернет вещей (Industrial IoT),
- робототехника (Robotics),
- самодвижущийся транспорт (Assisted Transportation),
- вспомогательная/дополненная реальность и виртуальная реальность (Assisted/Augmented Reality and Virtual Reality),
- этика, законы и политики в отношении конфиденциальности, безопасности и ответственности (Ethics, Laws, and Policies for Privacy, Security, and Liability),
- ускорители и 3D (Accelerators and 3D),
- кибербезопасность и AI (Cybersecurity and AI).

Таким образом, из сказанного выше следует, что в ближайшие годы можно ожидать быстрое развитие курикулумных решений для актуальных направлений подготовки и быстрый рост архитектуры/дерева системы курикулумов на нижнем уровне модели, представленной на рисунке 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 дисциплин ИТ.

#### Компетентностно-базированный подход в определении курикулумов

Основную часть курикулумов составляет описание образовательного контента, (т.е. того, чему учить), называемого сводом или объемом знаний (Body of Knowledge – BOK). 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 курикулумах нового поколения стало характерным применение компетентностного подхода, при котором своды знаний не определяются в явной

<sup>22</sup> Там же. С. 30.



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 курикулах 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 акцентировано 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 курикулов нового поколения. В методическом плане в CC2020 разработана по-

нятийная база и механизмы реализации подхода CBL.

Начнем с понятия компетенции. Его конструкция целиком позаимствована из IT2017<sup>23</sup>. Принимается следующая трактовка понятия компетенции<sup>24</sup>.

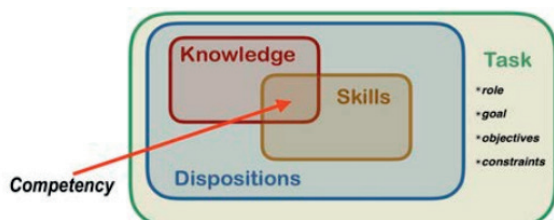
Компетенции, это «вещи», которые человек должен продемонстрировать, чтобы эффективно выполнять свою работу, роль, функцию, задачу или долг. Таким образом, компетенция требует демонстрации человеческого поведения вместе с техническими навыками и знаниями. Уместно, чтобы компетенция составляла основу для 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 IT2017 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 IT2017 понятие компетенции представлено следующей формулой:

$$\text{Компетентность} = \text{Знания} + \text{Навыки} + \text{Диспозиции в контексте задачи} \\ (\text{Knowledge} + \text{Skills} + \text{Disposition} \rightarrow \text{Task})$$

Такая модель компетенции иллюстрируется на рисунке 5.



Р и с. 5. Модель понятия компетенции <K, S, D><sup>25</sup>

Fig. 5. Conceptual Structure of the CC2020 Competency Model

Рассмотрим определение элементов понятия компетенция, предлагаемые в CC2020.

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 курикулов.

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

Спецификация компетентности конструируется из элементов

<sup>23</sup> Information Technology Curricula 2017: Curriculum Guidelines for Baccalaureate Degree Programs in Information Technology / ed. by Task Group on Information Technology Curricula. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2017. 165 p. doi: <https://doi.org/10.1145/3173161>

<sup>24</sup> Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education / ed. by CC2020 Task Force. ACM, New York, NY, USA, 2020. 205 p. doi: <https://doi.org/10.1145/3467967>

<sup>25</sup> Там же. С. 47.



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 пред-

метной области (постановка задачи).

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

Таблица 3. Таксономия областей ИТ для спецификации технических (ИТ) компетенций<sup>26</sup>  
Table 3. Taxonomy of IT areas for specification of technical (IT) competencies

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<sup>27</sup>  
Table 4. Taxonomy of knowledge areas for the specification of fundamental and professional competencies

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	Приоритезация 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

<sup>26</sup> Там же. С. 49.

<sup>27</sup> Там же. С. 50.



В CC2020 определены шесть классов **уровней навыков** (уровней когнитивности), которые коррелируются с таксономией Блума<sup>28</sup>.

Т а б л и ц а 5. Таксономия уровней когнитивности навыков, основанная на таксономии Блума

T a b l e 5. Taxonomy of levels of cognitive skills based on Bloom's taxonomy

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 выразить институциональные и программные ценности, ожидаемые на рабочем месте. Способ описания диспозиций в основном заимствован из отчета IT2017. Предложен список, состоящий из 11 диспозиций (Таблица 6).

Т а б л и ц а 6. Таксономия элементов диспозиции<sup>29</sup>

T a b l e 6. Taxonomy of disposition elements

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

Dispositions Element	Элемент диспозиции
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 рисунке 6.

Competency Title: B	
<b>Competency Statement</b> 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

Р и с. 6. Пример спецификации компетенции "Analyze and compare several networking topologies in terms of robustness, expandability, and throughput used within a cloud enterprise"<sup>30</sup>

F i g. 6. Competency specification example "Analyze and compare several networking topologies in terms of robustness, expandability, and throughput used within a cloud enterprise"

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].

<sup>28</sup> A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives / ed. by L. W. Anderson. New York: Addison Wesley Longman, 2001. 336 p.

<sup>29</sup> Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education / ed. by CC2020 Task Force. ACM, New York, NY, USA, 2020. p. 51. doi: <https://doi.org/10.1145/3467967>

<sup>30</sup> Там же. С. 52.



## Куррикулы нового поколения

В данном разделе рассмотрим стандарты куррикулов нового поколения – IS2020, CCDS 2021, CybSec2021.

### Куррикулум IS2020 – A Competency Model for Undergraduate Programs in Information Systems

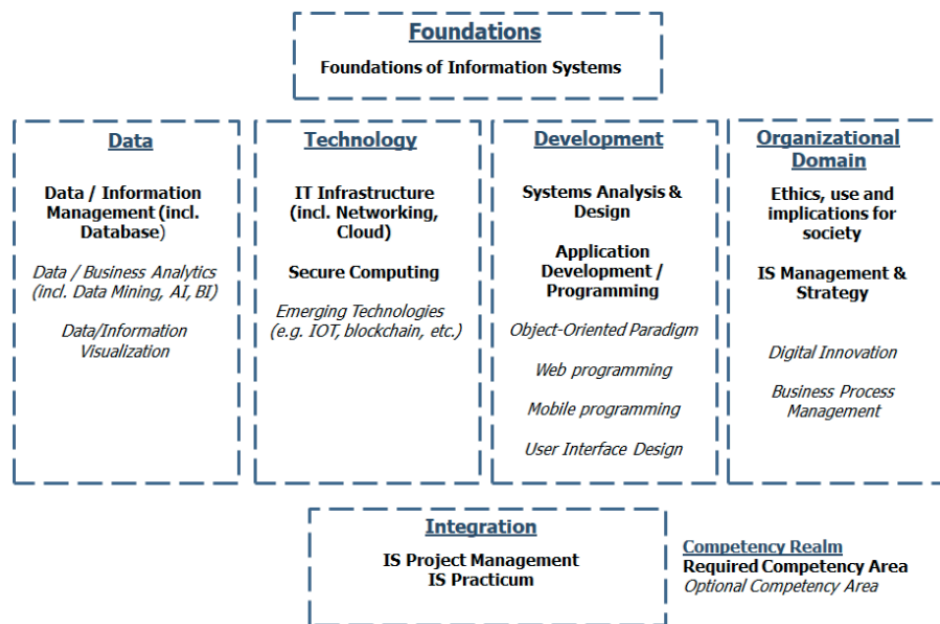
Куррикулум IS2020 создан исследовательским комитетом Association for Computing Machinery (ACM) и Association for Information Systems (AIS), как преемник стандарта IS2010 в формате непрерывно обновляемого ресурса<sup>31</sup>. Такой ресурс называется живым документом, он должен обновляться на регулярной основе посредством регулярно распространяемых изменений через общедоступный веб-сайт.

IS2020 разработан на той же концептуальной основе что и документы MSIS2016<sup>32</sup>, IT2017 и CC2020, т.е. на основе компетентностно-базируемого 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 мо-

дулей знаний (*knowledge units – KUs*) и результатов обучения (*learning outcomes – LO*). Такая модель ВОК называется моделью KA-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 рисунке 7 иллюстрируется архитектура компетенций IS2020, состоящая из сфер и областей компетенций.



Р и с. 7. Архитектура компетенций IS2020, состоящая из сфер и областей компетенций<sup>33</sup>

F i g. 7. Competency Based IS2020 Curriculum Guidelines

Десять обязательных областей компетенций определяют ядро (*core*) куррикула – 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 Таблице 7.

<sup>31</sup> A Competency Model for Undergraduate Programs in Information Systems (IS2020) / ed. by P. Leidig, H. Salmela [и др.]. ACM, AIS, 2020. doi: <https://doi.org/10.1145/3460863>

<sup>32</sup> 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. ACM, AIS, New York, NY, USA, 2017. doi: <https://doi.org/10.1145/3129538>

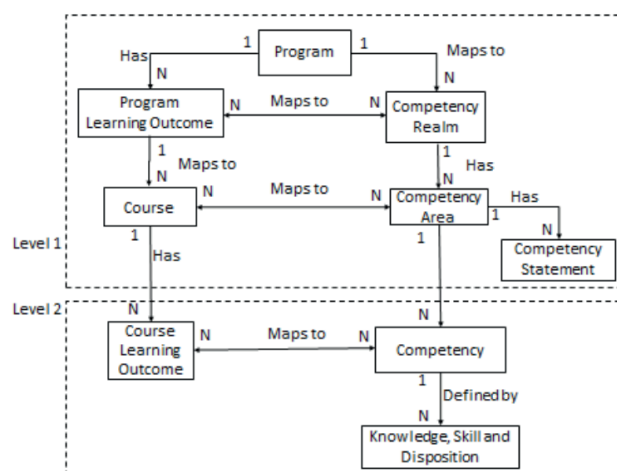
<sup>33</sup> A Competency Model for Undergraduate Programs in Information Systems (IS2020) / ed. by P. Leidig, H. Salmela [и др.]. ACM, AIS, 2020. p. 12. doi: <https://doi.org/10.1145/3460863>



Таблица 7. Состав областей компетенций IS2020, их разбиение на обязательные и факультативные и сравнение с курсами IS2010<sup>34</sup>  
Table 7. Composition of IS2020 competency areas, their division into mandatory and optional and comparison with IS2010 courses

IS competency realm	Required competency areas in IS2020	Elective competency areas in IS2020	Courses mentioned in IS2010
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 (ВОК), который теперь должен разрабатываться в соответствии с заданной системой требований-компетенций. Для разработки модели куррикулума (ВОК) в IS2020 предложена архитектура IS2020, показанная на рисунке 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.



Р и с. 8. Предлагаемая архитектура IS2020<sup>35</sup>  
Fig. 8. Proposed Curriculum Architecture IS2020

<sup>34</sup> Там же. С. 31.

<sup>35</sup> Там же. С. 44.



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 диспозиций.

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 IS2020. В приложении 2 в структурированном по сферам компетенций табличном материале представлен состав компетенций по каждой из областей компетенций. Пример такой таблицы иллюстрируется на рисунке 9.

R e a l m	A r e a	Abbreviation	Competency	Dispositions	L1	L2	L3	L4	L5	L6
					Remember	Understand	Apply	Evaluate	Create	
F o u n d a t i o n s  o f  I S	<b>FOUN</b>		<b>Competency Realm: FOUNDATIONS</b>							
	<b>FOIS</b>		<b>Competency Area: Foundations of Information Systems (Required)</b>							
	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								

Р и с. 9. Пример определения состава компетенций для сферы компетенций «Основы» (Foundations). Для каждой компетенции указан список соответствующих ей диспозиций и уровень когнитивности по Блуму<sup>36</sup>

Fig. 9. An example of determining the composition of competencies for the "Foundations" competence area. For each competence, a list of the corresponding dispositions and the level of cognition according to Bloom is indicated

<sup>36</sup> Там же. С. 83.





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 CC2020. Пример такого описания приведен на рисунке 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

Р и с. 10. Пример определения состава компетенций для сферы компетенций «Основы» (Foundations). Для каждой компетенции указан список соответствующих ей диспозиций и уровень когнитивности по Блуму<sup>37</sup>

Fig. 10. An example of determining the composition of competencies for the "Foundations" competence area. For each competence, a list of the corresponding dispositions and the level of cognition according to Bloom is indicated

В заключение отметим, что IS2020 представляет классическую компетентностную модель уровня бакалавриата для направления (информационные технологии), используя методические рекомендации компетентностно-базируемого подхода CC2020. При этом в IS2020 включены методические рекомендации по конструированию на основе такой компетентностной модели свода знаний (ВОК), необходимого университетам для формирования курсов учебных программ [21].

### Куррикулум науки о данных – Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula (CCDSC)

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<sup>38</sup>.

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 науки о данных [22].

<sup>37</sup> Там же. С. 98.

<sup>38</sup> Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula / ed. by A. Danyluk, P. Leidig [и др.]. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021. 135 p. doi: <https://doi.org/10.1145/3453538>

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 рисунке 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 рисунке 12. 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 за время изучения подобласти. Навыки также представляются в виде маркированного списка. Фактически навыки здесь определяют результаты обучения (Learning outcomes – LO), выражая что ожидается достичь от студента посредством изучения определенных тем.



<p><b>Analysis and Presentation</b>            Foundational considerations            Visualization            User-centered design            Interaction design            Interface design and development</p> <p><b>Artificial Intelligence</b>            General            Knowledge representation and reasoning ~ logic based            Knowledge representation and reasoning ~ probability based            Planning and search strategies</p> <p><b>Big Data Systems</b>            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> <p><b>Computing and Computer Fundamentals</b>            Basic computer architecture            Storage systems fundamentals            Operating system basics            File systems            Networks            The web and web programming            Compilers and interpreters</p> <p><b>Data Acquisition, Management, and Governance</b>            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>	<p><b>Data Mining</b>            Proximity measurement            Data preparation            Information extraction            Cluster analysis            Classification and regression            Pattern mining            Outlier detection            Time series data            Mining web data            Information retrieval</p> <p><b>Data Privacy, Security, Integrity, and Analysis for Security</b>            Data privacy            Data security            Data integrity            Analysis for security</p> <p><b>Machine learning</b>            General            Supervised learning            Unsupervised learning            Mixed methods            Deep learning</p> <p><b>Professionalism</b>            Continuing professional development            Communication            Teamwork            Economic considerations            Privacy and confidentiality            Ethical considerations            Legal considerations            Intellectual property            On automation</p> <p><b>Programming, data structures and algorithms</b>            Algorithmic thinking and problem solving            Programming            Data structures            Algorithms            Basic complexity analysis            Numerical computing</p> <p><b>Software development and maintenance</b>            Software design and development            Software testing</p>
---	---

Р и с. 11. Полная структура ВОК, состоящая из КAs и их под-доменов<sup>39</sup>  
 Fig. 11. The (Computing) Data Science Knowledge Areas (with sub-domains)

<sup>39</sup> Там же. С. 25.



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

Р и с. 12. Формат описания области знаний (КА)<sup>40</sup>

F i g. 12. Template for Knowledge Area definitions (KA)

С навыками связывается дидактический параметр – уровень когнитивности, соответствующий определенной в CC2020 версии таксономии Блума (см. Таблицу 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 Таблице 8 приведен пример описания КА «Analysis and Presentation (AP)», а в Таблице 9 приведен пример описания поддомена «AP-Основополагающие аспекты» из КА «Analysis and Presentation (AP)».

Т а б л и ц а 8. Описание поддомена «AP-Основополагающие аспекты» из КА «Analysis and Presentation»<sup>41</sup>

T a b l e 8. Description of the subdomain "AP-Fundamental Aspects" from KA

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><b>Анализ и презентация данных (АП)</b> 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>

<sup>40</sup> Там же. С. 21.

<sup>41</sup> Там же. С. 43.



Scope (Область применения)	Competencies (Компетенции)
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Importance of effectively presenting data, models, and inferences to clients in oral, written, and graphical formats.</li> <li>· Visualization techniques for exploring data and making inferences, as well as for presenting information to clients.</li> <li>· 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.</li> <li>· Knowing the audience: the client or audience for a data science project is not, in general, another data scientist.</li> <li>· Human-Computer Interface considerations for clients of data science products.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Важность эффективного представления данных, моделей и выводов клиентам в устной, письменной и графической формах.</li> <li>· Методы визуализации для изучения данных и создания выводов, а также для представления информации клиентам.</li> <li>· Эффективная визуализация различных типов данных, включая изменяющиеся во времени данные, пространственные данные, древовидные или графически структурированные данные, дискретные/непрерывные данные и текст.</li> <li>· Знание аудитории: клиент или аудитория проекта по науке о данных, как правило, не является специалистом по данным.</li> <li>· Рекомендации по интерфейсу «человек-компьютер» для клиентов продуктов обработки данных.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Recognize the main strands of knowledge underpinning approaches to Analysis and Presentation</li> <li>· 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</li> <li>· Apply a critical demeanor but also confidence and creativity regarding all aspects of the human computer interface</li> <li>· Execute the selection of tools appropriate for the size of the data/Big Data to be rendered</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Знать основные направления знания, лежащие в основе подходов к анализу и презентации</li> <li>· Обобщать навыки и методы (включая инструменты), которые можно использовать для решения каждой из задач анализа и презентации для создания эффективных и действенных интерфейсов.</li> <li>· Проявлять критическое отношение, а также уверенность и творческий подход ко всем аспектам человеко-компьютерного интерфейса.</li> <li>· Выполнять выбор инструментов, соответствующих размеру данных/большим данным, которые необходимо визуализировать.</li> </ul>
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)<sup>42</sup>  
 Table 9. Description of the subdomain "AP-Fundamental Aspects" from KA (with T1 level)

<p><b>AP-Основополагающие аспекты – T1</b></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><b>Знание</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Контексты для обращения к интерфейсу человек-компьютер: визуализация данных, веб-страниц, мультимедийных материалов, учебных материалов, общей вычислительной среды с учетом навигационных соображений.</li> <li>· Применимые теории, модели, принципы, рекомендации и стандарты для проектирования и реализации интерфейсов.</li> <li>· Различные показатели эффективности и привлекательности интерфейса.</li> <li>· Использование цвета и мультимедиа, а также эргономика и веб-сервисы</li> <li>· Когнитивные модели, влияющие на взаимодействие</li> <li>· Объем, преимущества и недостатки дополненной реальности.</li> <li>· Поддержка программного обеспечения для помощи в восприятии анализа и презентации</li> <li>· Вопросы доступности для различных групп пользователей, включая пользователей с особыми потребностями.</li> </ul>
--

<sup>42</sup> Там же. С. 44.



**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 интерфейс.
- 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 CCDSK предложен набор курсов примерной учебной программы использующих определенные в ВОК области знаний.

Итоговые характеристики ВОК, описанного в CCDSK, следующие:

- ВОК содержит 11 областей (и 4 подобласти), разбитых на 82 под-домена,
- для описания знаний используется 430 тем (208 – уровня Т1, 153 – уровня Т2 и 69 – уровня Е),
- для описания результатов обучения в виде навыков используется 395 навык (162 – уровня Т1, 160 – уровня Т2 и 73 – уровня Е).

В заключение, подводя итог анализа CCDSK, 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.

**Куррикулум дисциплины «Кибербезопасность» 2021**

В данном разделе рассмотрены архитектура и основные особенности куррикулума нового поколения дисциплины «Кибербезопасность» (ККБ2021 / SubSec2021), 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-специалистов по широкому спектру ИТ-направлений.

**Архитектура свода знаний кибербезопасности**

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 рисунке 13.



Р и с. 13. Модель навыков кибербезопасности высокого уровня (на уровне категорий доменов навыков) [20, С. 704]

F i g. 13. High-level view of the architecture (at the category level of skill domains) CBK [20, p. 704]



В отличие от других курсов компьютерного 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 Таблице 10.

Таблица 10. Набор доменов знаний, непосредственно связанных с кибербезопасностью

Table 10. A set of knowledge domains directly related to cybersecurity

Категории	Домены знаний
1. Человеческие, организационные и нормативные аспекты (Human, Organisational, and Regulatory Aspects)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Управление рисками и непрерывностью бизнеса – УР (Risk and Business Continuity Management - RM)</li> <li>2. Юридические и нормативные аспекты ИБ – ЮНА (Legal and regulatory aspects of information security - LRA)</li> <li>3. Человеческие факторы в ИБ – ЧФ (Human Factors in Information Security - HF)</li> <li>4. ИБ онлайн-деятельности – БОД (Information Security of Online Activities - SOA)</li> </ol>
2. Атаки и Защита (Attacks and Defences)	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Вредоносные программы и средства защиты - ВП (Malware and means of protection - MMP)</li> <li>6. Роли и модели атак – РМА (Roles and Models of Cyber Attacks - RMA)</li> <li>7. Операции и управление инцидентами ИБ – ОУИ (Information Security Operations and Incident Management - OIM)</li> <li>8. Цифровая криминалистика – ЦК (Digital Forensics - DF)</li> </ol>
3. Безопасность систем	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Криптография – КР (Cryptography - CR)</li> <li>10. Безопасность операционных систем и виртуализации – БОСВ (Operating System and Virtualization Security - OSVS)</li> <li>11. Безопасность распределенных систем – БРС (Security of Distributed Systems - SDS)</li> <li>12. Аутентификация, авторизация и отчетность – ААН (Authentication, Authorization, and Reporting - AAR)</li> </ol>
4. Безопасность программного обеспечения и платформ (Software and Platform Security)	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Безопасность программного обеспечения – БПО (Software security - SWS)</li> <li>14. Безопасность веб-платформ и веб-сервисов – БВВ (Security of web platforms and web services - SWW)</li> </ol>
5. Безопасность инфраструктуры (Infrastructure Security)	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Сетевая безопасность (Network Security)</li> <li>16. Безопасность аппаратного уровня (Hardware Security)</li> <li>17. Безопасность кибер-физических систем (Cyber-Physical Systems Security)</li> <li>18. Безопасность физического уровня и телекоммуникаций (Physical Layer &amp; Telecommunications Security)</li> </ol>
6. Безопасность технологий	<ol style="list-style-type: none"> <li>19. Безопасность технологий Больших Данных – ББД (Security of Big Data technologies - SBD)</li> <li>20. Безопасность Интернета вещей – БИВ (IoT security - IOTS)</li> </ol>



### 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 [6], 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 уровня 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 куррикулуме для указания планируемого уровня мастерства или уровня когнитивности, достигаемого в результате обучения, используется таксономия Блума, 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, 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)))<sup>43</sup>. 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 [25], 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 куррикулов, таких, как, CS2013 (область «Информационное обеспечение и информационная безопасность» (*Information Assurance and Security - IAS*)) и Cybersecurity Curricula 2017 или CSEC2017<sup>44</sup>, свода профессиональных знаний по кибербезопасности СуВОК, 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», включающаяся 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 ПАО «Сбербанк России» 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 куррикулов системы ИТ-образования, методических основ, определенных в стандартах кибербезопасности,

<sup>43</sup> Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science (CS2013) / ed. by CORPORATE The Joint Task Force on Computing Curricula. ACM, New York, NY, USA, 2013. 518 p. doi: <https://doi.org/10.1145/2534860>

<sup>44</sup> Cybersecurity Curricula 2017: Curriculum Guidelines for Post-Secondary Degree Programs in Cybersecurity (CSEC2017) / ed. by Joint Task Force on Cybersecurity Education. ACM, IEEE, AIS, IFIP, New York, NY, USA, 2017. 123 p. doi: <https://doi.org/10.1145/3184594>



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 [26].

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 (BoKs) и стандартизация курсов (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 CyBoK, а также серия новых стандартов курсов (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 курсовой стандартизации.

## Список использованных источников

- [1] 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. – DOI 10.29003/m2575.978-5-317-06336-8. – М.: МАКС Пресс, 2021. – 184 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47887286> (дата обращения: 15.07.2021).
- [2] Bohlinger, S. Qualifications frameworks and learning outcomes: Challenges for Europe's lifelong learning area / S. Bohlinger. – DOI 10.1080/13639080.2012.687571 // *Journal of Education and Work*. – 2012. – Vol. 25, issue 3. – Pp. 279-297.
- [3] Караваева, Е. В. Квалификации высшего образования и профессиональные квалификации: «сопряжение с напряжением» / Е. В. Караваева // *Высшее образование в России*. – 2017. – № 12(218). – С. 5-12. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30770719> (дата обращения: 15.07.2021). – Рез. англ.
- [4] Национальная система квалификаций в России – эпистемологическая перспектива / А. А. Муравьева, О. Н. Олейникова, Н. М. Аксенова, Е. М. Дорожкин. – DOI 10.17853/1994-5639-2019-4-92-114 // *Образование и наука*. – 2019. – Т. 21, № 4. – С. 92-114.
- [5] Петрова, С. О. Организационная структура национальной системы квалификаций: новая философия в системе образования России и зарубежных стран / С. О. Петрова // *Педагогика и психология образования*. – 2019. – № 2. – С. 84-99. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39102726> (дата обращения: 15.07.2021). – Рез. англ.
- [6] Дрожжинов, В. И. SFIA – система профессиональных стандартов в сфере ИТ эпохи цифровой экономики / В. И. Дрожжинов. – DOI 10.25559/SITITO.2017.1.466 // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 132-143. – Рез. англ.
- [7] Raj, R. K. Toward High Performance Computing Education / R. K. Raj, C. J. Romanowski, S. G. Aly [и др.]. – DOI 10.1145/3341525.3394989 // *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '20)*. – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2020. – Pp. 504-505.
- [8] Chikh, A. A Knowledge Management Framework in Software Requirements Engineering Based on the SECI Model / A. Chikh. – DOI 10.4236/jsea.2011.412084 // *Journal of Software Engineering and Applications*. – 2011. – Vol. 4, No. 12. – Pp. 718-728.
- [9] Rohn, D. Digital platform-based business models – An exploration of critical success factors / D. Rohn [и др.]. – DOI 10.1016/j.jengtecman.2021.101625 // *Journal of Engineering and Technology Management*. – 2021. – Vol. 60. – Article number: 101625.
- [10] Blair, J. R. S. Infusing Principles and Practices for Secure Computing Throughout an Undergraduate Computer Science Curriculum / J. R. S. Blair, C. M. Chewar, R. K. Raj, E. Sobiesk. – DOI 10.1145/3341525.3387426 // *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '20)*. – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2020. – Pp. 82-88.
- [11] Varajão, J. ISO 21500:2012 and PMBoK 5 processes in information systems project management / J. Varajão, R. Colomo-Palacios, H. Silva. – DOI 10.1016/j.csi.2016.09.007 // *Computer Standards & Interfaces*. – 2017. – Vol. 50. – Pp. 216-222.
- [12] Madani, F. Embedding knowledge management to project management standard (PMBOK) / F. Madani // *2013 Pro-*





- ceedings of PICMET '13: Technology Management in the IT-Driven Services (PICMET). – IEEE Press, San Jose, CA, USA, 2013. – Pp. 1345-1352. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6641587> (дата обращения: 15.07.2021).
- [13] Burgueño, L. Contents for a Model-Based Software Engineering Body of Knowledge / L. Burgueño, F. Ciccozzi, M. Famelis [и др.]. – DOI 10.1007/s10270-019-00746-9 // Software and Systems Modeling. – 2019. – Vol. 18, issue 6. – Pp. 3193-3205.
- [14] Модель цифровых навыков кибербезопасности / В. А. Сухомлин, О. С. Белякова, А. С. Климина [и др.]. – DOI 10.25559/e3858-3795-1033-h. – М.: Фонд Лига интернет-медиа, 2021. – 294 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46461613> (дата обращения: 15.07.2021). – Рез. англ.
- [15] Сухомлин, В. А. Международные образовательные стандарты в области информационных технологий / В. А. Сухомлин // Прикладная информатика. – 2012. – № 1(37). – С. 33-54. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17363662> (дата обращения: 15.07.2021). – Рез. англ.
- [16] Sukhomlin, V. Analytical Review of the Current Curriculum Standards in Information Technologies / V. Sukhomlin, E. Zubareva. – DOI 10.1007/978-3-030-46895-8\_1 // Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science; ed. by V. Sukhomlin, E. Zubareva. – Springer, Cham. – 2020. – Vol. 1201. – Pp. 3-41.
- [17] Sukhomlin, V. Multiplatform System of Digital Talents Development "Academy of OIT" / V. Sukhomlin, E. Zubareva, D. Namiot. – DOI 10.1007/978-3-030-78273-3\_1 // Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2017. Communications in Computer and Information Science; ed. by V. Sukhomlin, E. Zubareva. – Springer, Cham. – 2021. – Vol. 1204. – Pp. 3-13.
- [18] Clear, A. Designing Computer Science Competency Statements: A Process and Curriculum Model for the 21st Century / A. Clear [и др.]. – DOI 10.1145/3437800.3439208 // Proceedings of the Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR '20). – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2020. – Pp. 211-246.
- [19] Frezza, S. Modeling global competencies for computing education / S. Frezza, A. Pears, M. Daniels [и др.]. – DOI 10.1145/3197091.3205844 // Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2018). – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2018. – Pp. 348-349.
- [20] Модель цифровых навыков кибербезопасности 2020 / В. А. Сухомлин, О. С. Белякова, А. С. Климина [и др.]. – DOI 10.25559/SITITO.16.202003.695-710 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 695-710. – Рез. англ.
- [21] Miranda, J. The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education / J. Miranda [и др.]. – DOI 10.1016/j.compeleceng.2021.107278 // Computers & Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 93. – Article number: 107278.
- [22] Demchenko, Yu. Designing Customisable Data Science Curriculum Using Ontology for Data Science Competences and Body of Knowledge / Yu. Demchenko, L. Communiello, G. Reali. – DOI 10.1145/3322134.3322143 // Proceedings of the 2019 International Conference on Big Data and Education (ICBDE'19). – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2019. – Pp. 124-128.
- [23] Архитектура и принципы разработки куррикулума для дисциплины «Кибербезопасность» / В. А. Сухомлин, О. С. Белякова, А. С. Климина, М. С. Полянская, Е. В. Зубарева, А. В. Якушин. – DOI 10.25559/SITITO.16.202004.927-939 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 4. – С. 927-939. – Рез. англ.
- [24] Сухомлин, В. А. Создание профиля «Кибербезопасность и искусственный интеллект» для направления подготовки ФИИТ на основе куррикулумного подхода / В. А. Сухомлин. – DOI 10.25559/SITITO.17.202103.724-734 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 724-734. – Рез. англ.
- [25] Куррикулум дисциплины «Кибербезопасность» / В. А. Сухомлин, С. В. Лебедь, О. С. Белякова [и др.]. – DOI 10.25559/f6676-8117-2920-j. – М.: Фонд «Лига интернет-медиа», 2022. – 402 с. – Рез. англ.
- [26] Cybersecurity education: Evolution of the discipline and analysis of master programs / K. Cabaj, D. Domingos, Z. Kotulski, A. Respício. – DOI 10.1016/j.cose.2018.01.015 // Computers & Security. – 2018. – Vol. 75. – Pp. 24-35.

*Поступила 15.07.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 04.09.2021.*

#### Об авторах:

**Сухомлин Владимир Александрович**, заведующий лабораторией открытых информационных технологий, факультет вычислительной математики и кибернетики, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1); ведущий научный сотрудник Института проблем информатики Российской академии наук, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44-2), доктор технических наук, профессор, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9468-7138>**, [sukhomlin@mail.ru](mailto:sukhomlin@mail.ru)

**Зубарева Елена Васильевна**, доцент факультета вычислительной математики и кибернетики, лаборатория открытых информационных технологий, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1); научный сотрудник Института проблем информатики Российской академии наук, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44-2), кандидат педагогических наук, доцент, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9997-4715>**, [e.zubareva@cs.msu.ru](mailto:e.zubareva@cs.msu.ru)

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



## References

- [1] Sukhomlin V.A., Zubareva E.V., Namiot D.E., Yakushin A.V. *Sistema razvitiya cifrovyyh navykov VMK MGU & Bazal't SPO. Metodika klassifikatsii i opisaniya trebovaniy k sotrudnikam i sodержani obrazovatel'nyh programm v sfere informatsionnyh tehnologiy* [System for the Development of Digital Skills MSU Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics & BaseALT]. Moscow, MAKS Press, BaseALT; 2021. 184 p. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.29003/m2575.978-5-317-06336-8>
- [2] Bohlinger S. Qualifications frameworks and learning outcomes: Challenges for Europe's lifelong learning area. *Journal of Education and Work*. 2012; 25(3):279-297. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/13639080.2012.687571>
- [3] Karavaeva E.V. *Kvalifikatsii vysshego obrazovaniya i professional'nye kvalifikatsii: "soprjazhenie s naprjazheniem"* [Qualifications of Higher Education and Professional Qualifications: Harmonization with Efforts]. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2017; (12):5-12. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30770719> (accessed 15.07.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [4] Muravyeva A.A., Oleynikova O.N., Aksenova N.M., Dorozhkin E.M. National qualifications system in Russia – an epistemological perspective. *The Education and Science Journal*. 2019; 21(4):92-114. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2019-4-92-114>
- [5] Petrova S.O. The Organizational Structure of the National Qualification System: New Philosophy in the Education System of Russia and Foreign Countries. *Pedagogika i Psikhologiya Obrazovaniya = Pedagogy and Psychology of Education*. 2019; (2):84-99. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39102726> (accessed 15.07.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [6] Drozhzhin V.I. SFIA-the System of IT professional Standards for the Digital Economy. *Sovremennyye informatsionnyye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2017; 13(1):132-143. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITI-TO.2017.1.466>
- [7] Raj R.K., Romanowski, C.J., Aly S.G., et al. Toward High Performance Computing Education. *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2020. p. 504-505. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3341525.3394989>
- [8] Chikh A. A Knowledge Management Framework in Software Requirements Engineering Based on the SECI Model. *Journal of Software Engineering and Applications*. 2011; 4(12):718-728. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.4236/jsea.2011.412084>
- [9] Rohn D., et al. Digital platform-based business models – An exploration of critical success factors. *Journal of Engineering and Technology Management*. 2021; 60:101625. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2021.101625>
- [10] Blair J.R.S., Chewar C.M., Raj R.K., Sobieski E. Infusing Principles and Practices for Secure Computing Throughout an Undergraduate Computer Science Curriculum. *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2020. p. 82-88. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3341525.3387426>
- [11] Varajão J., Colomo-Palacios R., Silva H. ISO 21500:2012 and PMBoK 5 processes in information systems project management. *Computer Standards & Interfaces*. 2017; 50:216-222. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.09.007>
- [12] Madani F. Embedding knowledge management to project management standard (PMBOK). *2013 Proceedings of PICMET '13: Technology Management in the IT-Driven Societies (PICMET)*. IEEE Press, San Jose, CA, USA; 2013. p. 1345-1352. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6641587> (accessed 15.07.2021). (In Eng.)
- [13] Burgueño L., Ciccozzi F., Famelis M. et al. Contents for a Model-Based Software Engineering Body of Knowledge. *Software and Systems Modeling*. 2019; 18(6):3193-3205. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10270-019-00746-9>
- [14] Sukhomlin V.A., Belyakova O.S., Klimina A.S., Polyanskaya M.S., Rusanov A.A. *Model' cifrovyyh navykov kiberbezopasnosti* [Cybersecurity Digital Skills Model]. The League Internet Media Fund, Moscow; 2021. 294 p. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/e3858-3795-1033-h>
- [15] Sukhomlin V.A. Educational Standards in the Field of Information Technologies. *Journal of Applied Informatics*. 2012; (1):33-54. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17363662> (accessed 15.07.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [16] Sukhomlin V., Zubareva E. Analytical Review of the Current Curriculum Standards in Information Technologies. In: Ed. by V. Sukhomlin, E. Zubareva. *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*. 2020; 1201:3-41. Springer, Cham. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8_1)
- [17] Sukhomlin V., Zubareva E., Namiot D. Multiplatform System of Digital Talents Development "Academy of OIT". In: Ed. by V. Sukhomlin, E. Zubareva. *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2017. Communications in Computer and Information Science*. 2021; 1204:3-13. Springer, Cham. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78273-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78273-3_1)
- [18] Clear A., et al. Designing Computer Science Competency Statements: A Process and Curriculum Model for the 21st Century. *Proceedings of the Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2020. p. 211-246. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3437800.3439208>
- [19] Frezza S., Pears A., Daniels M., et al. Modeling global competencies for computing education. *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2018)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2018. p. 348-349. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3197091.3205844>
- [20] Sukhomlin V.A., Belyakova O.S., Klimina A.S., Polyanskaya M.S., Rusanov A.A. *Cybersecurity Digital Skills Model 2020*.



- Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2020; 16(3):695-710. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202003.695-710>
- [21] Miranda J., et al. The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers & Electrical Engineering*. 2021; 93:107278. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>
- [22] Demchenko Yu., Communiello L., Reali G. Designing Customisable Data Science Curriculum Using Ontology for Data Science Competences and Body of Knowledge. *Proceedings of the 2019 International Conference on Big Data and Education (ICBDE'19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2019. p. 124-128. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3322134.3322143>
- [23] Sukhomlin V.A., Belyakova O.S., Klimina A.S., Polyanskaya M.S., Zubareva E.V., Yakushin A.V. Architecture and Principles of Developing a Curriculum for the Academic Subject "Cybersecurity". *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2020; 16(4):927-939. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202004.927-939>
- [24] Sukhomlin V.A. Creating a Profile "Cybersecurity and Artificial Intelligence" for the Direction of FIIT Training Based on the Curriculum Approach. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2021; 17(3):724-734. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202103.724-734>
- [25] Sukhomlin V.A., Lebed S.V., Belyakova O.S. *Kurrikulum discipliny Kiberbezopasnost'* [Curriculum for the Discipline "Cybersecurity"]. The League Internet Media Fund, Moscow; 2022. 402 p. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/f6676-8117-2920-j>
- [26] Cabaj K., Domingos D., Kotulski Z., Respicio A. Cybersecurity education: Evolution of the discipline and analysis of master programs. *Computers & Security*. 2018; 75:24-35. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2018.01.015>

Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences (44 Vavilov St., building 2, Moscow 119333, Russian Federation), Cand. Sc. (Pedagogy), Associate Professor, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9997-4715>, [e.zubareva@cs.msu.ru](mailto:e.zubareva@cs.msu.ru)

*All authors have read and approved the final manuscript.*

*Submitted 15.07.2021; approved after reviewing 25.08.2021;  
accepted for publication 04.09.2021.*

#### About the authors:

**Vladimir A. Sukhomlin**, Head of the Open Information Technologies Lab, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Lomonosov Moscow State University (1 Leninskie gory, Moscow 119991, GSP-1, Russian Federation); Leading Researcher of the Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences (44 Vavilov St., building 2, Moscow 119333, Russian Federation), Dr. Sci. (Tech.), Professor, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9468-7138>, [sukhomlin@mail.ru](mailto:sukhomlin@mail.ru)  
**Elena V. Zubareva**, Associate Professor of the Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Open Information Technologies Lab, Lomonosov Moscow State University (1 Leninskie gory, Moscow 119991, GSP-1, Russian Federation); Researcher of the

