



УДК 004.89

DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-375-382

Взаимосвязь дисциплин и компетенций в интеллектуальной образовательной экосистеме

Оболенский Д.М., Шевченко В.И.

Севастопольский государственный университет,
Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail: denismaster@outlook.com, VIShevchenko@sevsu.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается формализация взаимосвязи дисциплин и компетенций в рамках предложенной концепции интеллектуальной образовательной экосистемы. Авторы используют бинарные отношения, использующие существующие федеральные образовательные стандарты, профессиональные стандарты, требования работодателей, карты компетенций и нормативные документы, для построения направленного ациклического графа навыков. Вводятся понятия требуемых и развиваемых компетенций дисциплин. Далее с использованием данного графа навыков определяется и математически формализуется другое бинарное отношение, которое необходимо для построения направленного ациклического графа дисциплин. Предложено использование топологической сортировки для определения порядков обхода графа дисциплин. Рассмотренная взаимосвязь между компетенциями и дисциплинами позволяет сократить пространство поиска и построить множество возможных образовательных траекторий на данном направленном ациклическом графе.

Ключевые слова: интеллектуальная образовательная экосистема, теория графов, бинарное отношение, образовательный ресурс, компетенция

Для цитирования: Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2022. Взаимосвязь дисциплин и компетенций в интеллектуальной образовательной экосистеме. Экономика. Информатика, 49(2): 375–382. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-375-382

Connection Between Courses and Skills in the Intelligent Educational Ecosystem

Denis M. Obolensky, Victoria I. Shevchenko

Sevastopol State University
33 Universitetskaya St, Sevastopol, 299053, Russia
E-mail: denismaster@outlook.com, VIShevchenko@sevsu.ru

Abstract. This article explores the formalization of the connection between courses and skills within the framework of the proposed concept of an intelligent educational ecosystem. The authors utilize strong order binary relations to build a static directed acyclic graph of skills based on existing national education standards, professional area standards, vacancy requirements, competency maps, and regulatory documents. Authors provide definitions for required skills and developed skills for a given course. Another strong order binary relation for courses is determined using a skills graph and terms defined previously, which is necessary for constructing a directed acyclic graph of courses. The authors present to use a topological sorting algorithm to find out the traversal order of the course graph. In conclusion, that connection between courses and skills can be used later to effectively reduce search space and find possible available education pathways on that directed acyclic graph of courses.

Keywords: intelligent educational ecosystem, graph theory, binary relation, educational resource, skills

For citation: Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2022. Connection Between Courses and Skills in the Intelligent Educational Ecosystem. Economics. Information technologies, 49(2): 375–382 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-375-382

Введение

Концепция интеллектуальной образовательной экосистемы, представленная в ряде работ [Оболенский, Шевченко, 2019; Оболенский, Шевченко, 2020], использовала множество компетенций некоторой специальности sp для формализации графа дисциплин $DACG(sp)$. Для этого использовалось некоторое бинарное отношение \leq_c . Рассмотрим подробнее формализацию взаимосвязи дисциплин и компетенций с помощью определения данного бинарного отношения с целью формирования индивидуальных образовательных траекторий [Гримута, Шевченко, 2019; Оболенский, Шевченко, 2020; Серебровский и др., 2013].

Компетенции не могут быть освоены в случайном порядке [Кравец, Заславская, 2012]. Содержание образовательной программы и список осваиваемых компетенций для выбранного направления подготовки в Российской Федерации регулируется Федеральными Государственными Образовательными Стандартами (ФГОС) [ФГОС, 2016; ФЗ РФ, 2012], а также нормативной документацией, например, методиками и картами компетенций [ФГОС, 2016; Козлова и др., 2017; Машенко и др., 2017].

Для таких компетенций также могут быть указаны требования к уровню знаний обучающегося, что может быть также представлено в виде требования наличия у обучающегося некоторых других компетенций [ФГОС, 2016].

Таким образом, нетрудно заметить, что в данном случае существует некоторое отношение порядка, связывающее компетенции друг с другом. Формализуем данный подход для некоторого направления подготовки sp .

Формализация связи дисциплин и компетенций

Определим также для множества $SSP(sp)$ [Оболенский, Шевченко, 2020] для выбранного направления sp бинарное отношение [Лаврентьев, Шабат, 1972] строгого порядка $<_s$, связывающее две компетенции.

Если для произвольных компетенций s_i и s_j выполняется данное бинарное отношение $s_i <_s s_j$, то это означает, что для освоения компетенции s_i необходимо освоить предварительно компетенцию s_j .

Если для произвольных компетенций s_i и s_j не выполняются соотношения $s_i <_s s_j$ или $s_j <_s s_i$, то это означает, что компетенции s_i и s_j несравнимы, т. е. нельзя сказать, в каком порядке их следует осваивать.

Таким образом, для выбранной специальности sp , задав функцию $SSP(sp)$ и бинарное отношение $<_s$, можно сформировать направленный ациклический граф [Кормен и др. 2005; Харари, 2003; Любченко, 2011; Туласираман, Свами, 1992] освоения данных компетенций $DASG(sp)$ (1):

$$DASG(sp) = \langle SSP(sp), ESP_s(sp) \rangle, \quad (1)$$

где множество $ESP_s(sp)$ задано следующим образом (2):

$$ESP_s(sp) = \{(s_i, s_j) \mid s_i \in SSP(sp), s_j \in SSP(sp), s_i <_s s_j\}. \quad (2)$$

В качестве вершин данного графа для выбранного направления подготовки sp мы используем множество $CSP(sp)$. В качестве рёбер графа используется множество $ESP(sp)$, т. е. такие пары (c_i, c_j) , состоящие из элементов множества $CSP(sp)$, для которых выполняется заданное бинарное отношение $<_s$.

Пример данного графа $DASG(sp)$ представлен на рис. 1.

Согласно Федеральным государственным стандартам, а также рабочим программам дисциплин, каждый курс или дисциплина могут иметь требования к входным результатам обучения, необходимые для освоения данного курса или дисциплины [ФГОС, 2016]. Пререквизитами модуля (дисциплины) называются дисциплины, развивающие знания и компетенции, на которых базируется данный модуль (курс, дисциплина). Постреквизитами модуля или дисциплины называются дисциплины, которые базируются на данном модуле (курсе, дисциплине) [ФГОС, 2016]. Благодаря данным определениям можно определить отношение $<_c$, и связать множества дисциплин и компетенций.

Определим отношение \prec_c с помощью графа $DACG(sp)$. Ранее было определено, что каждая компетенция s может требовать наличие каких-то других компетенций из соответствующего множества S . Эти компетенции являются требуемым уровнем знаний для желаемого освоить данную компетенцию. Обозначим данное множество требуемых компетенций для выбранного навыка s как пререквизиты компетенции $deps(s)$ (3):

$$deps(s): S \rightarrow S', \forall u \in S': uR_s^- s \quad (3)$$

где бинарное отношение $R_s^- \subseteq R_{\prec_s}$ и является транзитивным замыканием множества R_{\prec_s} , представляющего собой отношение \prec_s .

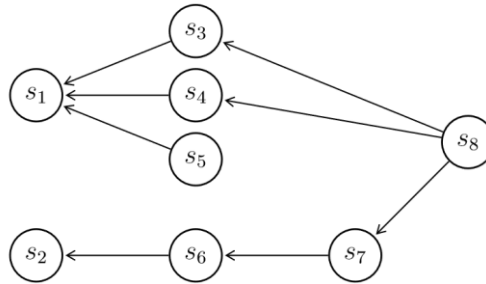


Рис. 1. Пример графа $DASG(sp)$
 Fig. 1. Example of the $DASG(sp)$ graph

Пример множества зависимостей представлен на рис. 2. Красным цветом обозначены зависимости компетенций s_3 , s_4 и s_5 а зеленым – зависимость навыка s_7 . В частности, навык s_2 не является прямой зависимостью навыка s_7 , хотя соотношение $s_2 \prec_s s_7$ выполняется в силу свойства транзитивности отношения \prec_s .

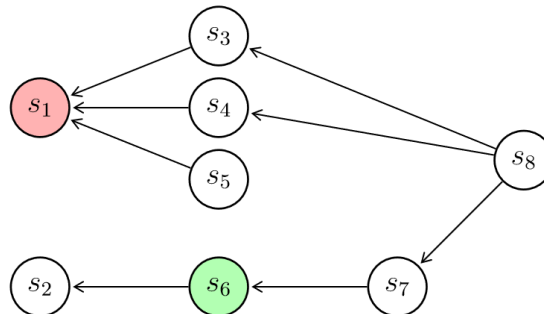


Рис. 2. Пример множества зависимостей компетенции
 Fig. 2. An example of a set of competence dependencies

Каждый курс или дисциплина может иметь определённые входные требования к компетенциям и навыкам обучающегося пользователя. Ранее мы определили множество $SC(c)$ – это множество компетенций, которые могут быть развиты при освоении соответствующей дисциплины c . Таким образом, выразим данные требования – множество зависимостей дисциплины – требования к полученным знаниям через объединение множеств зависимостей каждой из компетенций, развиваемых данной дисциплиной (4):

$$deps(c) = \bigcup_{i=1}^{|SC(c)|} deps(s_i), s_i \in SC(c). \quad (4)$$

Таким образом, множество зависимостей дисциплины — это те компетенции, которые необходимо освоить до начала освоения самой дисциплины, при этом из данного множества исключены транзитивные зависимости, возникающие из отношения строго порядка \prec_s .

Также дисциплина (курс) c_i может иметь пустое множество зависимостей $deps(c_i) = \emptyset$, это означает, что никакие компетенции и навыки для освоения данной дисциплины не требуются, её может изучать любой желающий.

Если благодаря дисциплине c_i мы получаем навыки, являющиеся требуемыми для курса c_j , то, очевидно, необходимо изучить c_i раньше, чем c_j . Таким образом, если некоторый курс c_i удовлетворяет, частично либо полностью, зависимости курса c_j , то можно сделать вывод, что $c_i <_c c_j$ (5):

$$c_i <_c c_j, \text{ если } deps(c_j) \cap SC(c_i) \neq \emptyset \text{ и } SC(c_j) \cap deps(c_i) = \emptyset. \quad (5)$$

Во всех остальных случаях, если не выполняются условия $c_i <_c c_j$ или $c_j <_c c_i$, то дисциплины c_i и c_j являются несравнимыми с помощью отношения $<_c$.

Так как отношение $<_s$ является бинарным отношением строгого порядка, то не составит труда доказать, что $DACG(sp)$, определенный на основе данного отношения, является ориентированным ациклическим графом [Харари, 2003].

Рассмотрим пример. Пусть задано некоторое множество курсов $C = \{c_1, c_2, c_3\}$ и некоторое множество компетенций S :

$$S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}\}.$$

Бинарное отношение $<_s$ для элементов множества S задано следующим образом:

$$s_1 <_s s_3, s_1 <_s s_4, s_1 <_s s_5, s_2 <_s s_6, s_6 <_s s_7, s_3 <_s s_8, \\ s_4 <_s s_8, s_7 <_s s_8, s_8 <_s s_9, s_9 <_s s_{10}, s_9 <_s s_{11}.$$

Соответствующий граф компетенций $DASG$ представлен на рис. 3.

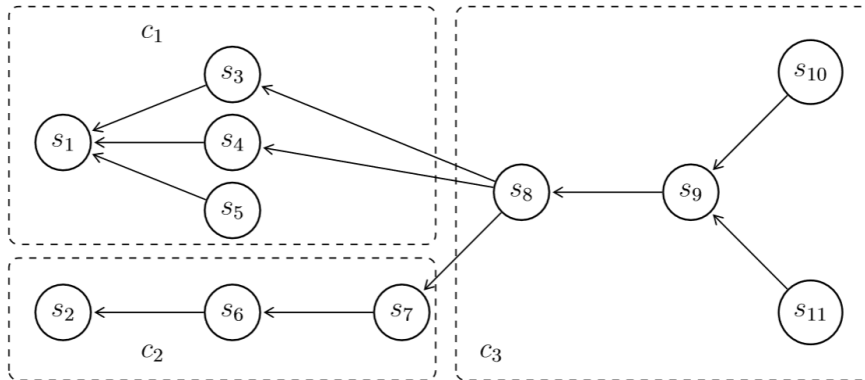


Рис. 3. Пример графа компетенций и их взаимосвязи с дисциплинами
 Fig. 3. An example of a graph of competencies and their relationship with disciplines

Функция SC для элементов множества C задана следующим образом:

$$SC(c_1) = \{s_1, s_3, s_4, s_5\} \\ SC(c_2) = \{s_2, s_6, s_7\} \\ SC(c_3) = \{s_8, s_9, s_{10}, s_{11}\}$$

Необходимо построить граф $DACG(sp)$ с помощью элементов множества C .

Для решения данной задачи необходимо определить бинарное отношение $<_c$. Так как бинарное отношение $<_s$ задано заранее в графовом виде, то можно рассчитать соответствующие значения функций $deps(c)$ для каждого $c \in C$:

$$deps(c_1) = \emptyset \\ deps(c_2) = \emptyset \\ deps(c_3) = \{s_3, s_4, s_7\}$$

Множество зависимостей $deps(c_3)$ представлено на рис. 4.

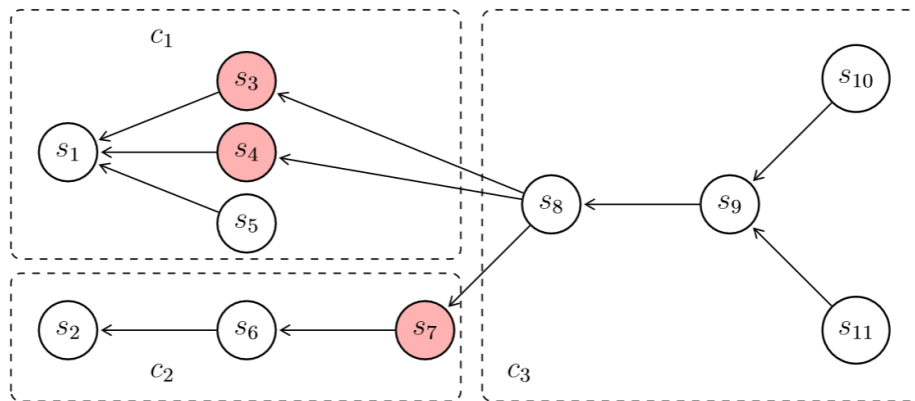


Рис. 4. Пример элементов множества $deps(c_3)$
 Fig. 4. Example of elements of the set $deps(c_3)$

Определим бинарное отношение $<_c$ для каждого из элементов множества C .

Для пары (c_1, c_2) – c_1 несравним с c_2 :

$$deps(c_1) \cap SC(c_2) = \emptyset, deps(c_2) \cap SC(c_1) = \emptyset, \Rightarrow c_1 \notin \prec_c c_2$$

Для пары (c_1, c_3) – c_1 является пререквизитом c_3 :

$$deps(c_3) \cap SC(c_1) = \emptyset, deps(c_1) \cap SC(c_3) = \emptyset, \Rightarrow c_1 \prec_c c_3$$

Для пары (c_2, c_3) – c_2 является пререквизитом c_3 :

$$deps(c_3) \cap SC(c_2) = \emptyset, deps(c_2) \cap SC(c_3) = \emptyset, \Rightarrow c_2 \prec_c c_3$$

При этом порядок обхода вершин данного направленного ациклического графа [Туласираман, Свами, 1992; Евстигнеев, 1985] может быть получен при помощи топологической сортировки [Харари, 2003; Карлов, 2018], причём вариантов обхода графа может быть несколько [Карлов, 2018].

Тогда можно построить итоговый граф изучения дисциплин $DACG(sp)$ (рис. 5).

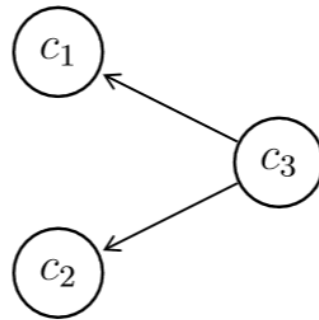


Рис. 5. Пример графа $DACG(sp)$
 Fig. 5. Example of the $DACG(sp)$ graph

Для полученного графа допустимы следующие варианты топологической сортировки:

$$(c_1, c_2, c_3)$$

$$(c_2, c_1, c_3)$$

Таким образом, формализовав порядок освоения компетенций $<_s$, можно построить направленный ациклический граф навыков $DASG(sp)$ для некоторого направления подготовки sp . Данный граф статичен и изменяется только при изменении нормативных документов и актов.

Установив взаимосвязь некоторой дисциплины c и развиваемых с её помощью компетенций $SC(c)$, получена возможность устанавливать порядок прохождения данных дисциплин $<_c$ и сформировать направленный ациклический граф курсов $DACG(sp)$.

Заключение

Определение взаимосвязи данных графов имеет большое значение. Компетенции могут быть получены как из нормативных документов, так и из списка актуальных вакансий работодателей. В свою очередь, существует большое количество систем дистанционного образования, предоставляющее доступ к различным курсам [Оболенский, Шевченко, 2020]. Использование бинарного отношения \leq_c позволяет связать компетенции и курсы, а применение графов позволяет значительно сократить пространство поиска в ходе работы системы подготовки рекомендаций в интеллектуальной образовательной экосистеме [Оболенский, Шевченко, 2020]

В дальнейших работах будут изучаться способы автоматизированного построения графа компетенций при помощи парсинга онлайн-ресурсов с вакансиями, алгоритм формирования рекомендаций [Оболенский, 2020; Оболенский, 2021] в интеллектуальной образовательной экосистеме, а также влияние весовых характеристик ребер [Левитин, 2006; Алексеев, Таланов, 2005] графов дисциплин и графов компетенций для формирования индивидуальной образовательной траектории.

Список литературы

- Алексеев В.Е., Таланов В.А. 2005. Глава 3.4. Нахождения кратчайших путей в графе. Графы. Модели вычислений. Структуры данных. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского гос. университета, 236–237.
- Гримута А.В., Шевченко В.И. 2019. Обзор программных систем управления обучением, используемых высшими учебными заведениями. Сборник статей всероссийской студенческой научно-технической конференции «Мир компьютерных технологий». Севастополь: Севастопольский государственный университет. 224–229. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41381634> (дата обращения: 20.02.2020)
- Евстигнеев В.А. 1985. Глава 3. Итеративные алгоритмы глобального анализа графов. Пути и покрытия. Применение теории графов в программировании. Под ред. А. П. Ершова. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 138–150.
- Карлов, Б.Н., Наймушин А.В. 2018. Равномерная поуровневая укладка графов. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2: 85–98. DOI 10.26456/vtpmk496.
- Козлова Е.С., Черкасов А.М., Макашова В.Н., Давлеткиреева Л.З. 2017. Проектирование функциональных возможностей курса системы дистанционного обучения высших школ с учетом индивидуальной траектории обучающихся. International Journal of Open Information Technologies. 5(4): 78–84.
- Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К., 2005. Алгоритмы: построение и анализ. Под ред. И.В. Красикова. 2-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс», 1296.
- Кравец О.Я., Заславская О.Ю. 2012. Компетентностная парадигма построения индивидуальной образовательной траектории на основе обратной связи в системе управления обучением. Новый университет. 2(11): 3–11.
- Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. 1972. Методы теории функций комплексного переменного. 4-е изд. М.: Наука.
- Левитин А.В. 2006. Глава 9. Жадные методы: Алгоритм Дейкстры. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. М.: Вильямс 189–195.
- Любченко В.В., Шинкарюк О.С. 2011. Метод будування навчальної траєкторії в умовах мобільного навчання. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. 17: 81–85.
- Мащенко Е. Н., Шевченко В. И., Ченгарь О.В. 2017. Современные информационные технологии в дистанционном образовании. Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании "ИНФОТЕХ-2017"». Севастополь: ФГАОУ ВО "Севастопольский государственный университет", 116–119. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238461> (дата обращения: 20.02.2020)
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2019. Интеллектуальные образовательные экосистемы. Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. «DICTUM – FACTUM: от исследований к стратегическим решениям». Севастополь. 162–171. DOI: 10.32743/dictum-factum.2020.162-1714e4

- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2020. Концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы. Экономика. Информатика. 47 (2): 390–401. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401.4e4e
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2020. Обзор современных методов построения рекомендательных систем на основе коллаборативной фильтрации. Мир компьютерных технологий: Сборник статей всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, 6–10 апреля 2020 года. Науч. редактор Е.Н. Машенко. Севастополь: СевГУ, 97–102.
- Оболенский Д.М., Шевченко В.И. 2021. Обзор современных методов построения рекомендательных систем на основе контента и гибридные системы. Мир компьютерных технологий: сборник статей всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, 05–09 апреля 2021 года. Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет. Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет». 151–156.
- Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (уровень бакалавриата): приказ Министерства образования и науки РФ от 12 января 2016 г. № 5.
- Серебровский В.В., Ткаченко А.В., Ткаченко А.И. 2013. Инновационные технологии в образовании: обучение по индивидуальной траектории. Известия Юго-Западного государственного университета. 1(46): 26–31.
- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174, свободный.
- Харари Р., 2003. Теория графов под ред. Г.П. Гаврилова. М.: Едиториал УРСС. 296.
- Thulasiraman K.; Swamy, M.N.S. 1992. "5.7 Acyclic Directed Graphs", Graphs: Theory and Algorithms, John Wiley and Son, 118.

References

- Alekseev V.E., Talanov V.A. 2005. Chapter 3.4. Finding the shortest paths in a graph // Graphs. Computation Models. Data structures. Nizhny Novgorod: Publishing House of the Nizhny Novgorod State. University, 236-237.
- Grimuta A.V., Shevchenko V.I. 2019. Overview of the learning management software systems used by higher education universities. Collection of articles of the All-Russian Student Scientific and Technical Conference "World of Computer Technology". Sevastopol: Sevastopol State University. 224-229. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41381634> (Accessed: 02.20.2020)
- Evstigneev V.A. 1985. Chapter 3. Iterative algorithms for global graph analysis. Paths and coverings. Application of graph theory in programming. Ed. A.P. Ershov. Moscow: Science. The main edition of the physical and mathematical literature. 138-150.
- Karlov B.N., Naymushin A.V. 2018. Ravnomernaya pourovnevaya ukladka grafov [Uniform level-by-level stacking of graphs] Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Prikladnaya matematika. [Bulletin of Tver State University. Series: Applied Mathematics]. 2: 85-98. DOI 10.26456/vtpmk496
- Kozlova ES, Cherkasov AM, Makashova VN, Davletkireeva L.Z. 2017. Designing the functional capabilities of the distance learning system's course of higher schools taking into account the individual trajectory of students. International Journal of Open Information Technologies. 5(4): 78-84.
- Cormen T.H.; Leiserson, C.E.; Rivest, R.L. 1990. Introduction to Algorithms (1st ed.). MIT Press and McGraw-Hill. ISBN 0-262-03141-8.
- Kravets O.Ya., Zaslavskaya O.Yu. 2012. Competence paradigm for constructing an individual educational path based on feedback in a learning management system. New University. 2(11): 3-11.
- Lavrentiev M.A., Shabat B.V., 1972. Methods of the theory of functions of a complex variable. 4th ed. M.: Nauka.
- Levitin A.V., 2006. Chapter 9. Greedy Methods: Dijkstra's Algorithm. Algorithms. Introduction to the development and analysis. M.: Williams. 189–195.
- Lyubchenko V.V., Shinkaryuk O.S. 2011. A method of constructing a learning path in the conditions of mobile learning. Vestnik of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute": collection of scientific papers. Thematic Issue: Informatics and Modeling, 17: 81-85.



- Mashchenko E.N., Shevchenko V.I., Chengar O.V., 2017. Modern information technologies in distance education. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Technical Conference "Information Technologies and Information Security in Science, Technology and Education "INFOTECH-2017"". Sevastopol: Sevastopol State University. 116-119. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238461> (Accessed: 02.20.2020)
- Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2020. Intelligent Educational Ecosystems. Proceedings of "DICTUM - FACTUM: from Research to Policy Making". Sevastopol, December 5-6, 2019. 162-171. <https://doi.org/10.32743/dictum-factum.2020.162-171>
- Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2020. A conceptual model of the intelligent educational ecosystem. Economics. Information technologies. 47(2): 390–401 (in Russian). DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-390-401
- Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2020. Obzor sovremennykh metodov postroeniya rekomendatel'nykh sistem na osnove kollaborativnoy fil'tratsii [Review of modern methods of building content-based recommendation systems and hybrid systems] Mir komp'yuternykh tekhnologiy: Sbornik statey vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [The World of computer technology: a collection of articles of the All-Russian scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists], Sevastopol', 06-10 aprelya 2020 goda. Nauch. redaktor E.N. Mashchenko. Sevastopol': SevGU, 97-102.
- Obolensky D.M., Shevchenko V.I. 2021. Obzor sovremennykh metodov postroeniya rekomendatel'nykh sistem - na osnove kontenta i gibridnye sistemy [Review of modern methods of building content-based recommendation systems and hybrid systems] Mir komp'yuternykh tekhnologiy: sbornik statey vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [The World of computer technology: a collection of articles of the All-Russian scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists], Sevastopol', 05–09 aprelya 2021 goda / Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya RF, Sevastopol'skiy gosudarstvennyy universitet. – Sevastopol': Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sevastopol'skiy gosudarstvennyy universitet", 2021. – S. 151-156.
- Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego obrazovaniya po napravleniyu podgotovki 09.03.01 Informatika i vychislitel'naya tekhnika (uroven' bakalavriata): prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 12 yanvarya 2016 g. №5
- Serebrovsky V.V., Tkachenko A.V., Tkachenko A.I. (2013). Innovative technologies in education: training using an individual path. Proceedings of the Southwestern State University, No. 1 (46), 26- 31.
- Thulasiraman K.; Swamy, M.N.S. 1992., "5.7 Acyclic Directed Graphs", Graphs: Theory and Algorithms, John Wiley and Son, 118
- Cormen T.H., Leiserson C.I., Rivest R.L., Stein C. 2006. Algorithms: construction and analysis. Introduction to Algorithms. 2nd ed. M.: "Williams". 1296.
- Federal Law of December 29, 2012 No. 273-ФЗ On Education in the Russian Federation. [Electronic resource]. Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174, free.
- Harary R., 2003. Graph theory pod red. G.P. GavriloVA. M.: Editorial URSS. 296.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Оболенский Денис Михайлович, аспирант кафедры информационных технологий и компьютерных систем ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

Denis M. Obolensky, Postgraduate Student of the Department of Information Technologies and Computer Systems, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Шевченко Виктория Игоревна, кандидат технических наук, доцент, зав. базовой кафедрой корпоративных информационных систем ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

Victoria I. Shevchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Base Department of Corporate Information Systems Sevastopol State University, Sevastopol, Russia