

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ НАИЛУЧШЕГО ПЛАНА ФИКСАЦИИ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

А. В. Ковтуненко, А. С. Ковтуненко

Аннотация. В большинстве современных университетов ведется активное внедрение индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ), которые позволяют повысить эффективность образовательного процесса. С другой стороны, процесс реализации ИОТ сложен и дорогостоящ, требует больших временных затрат, перестройки процессов университета, изменения модели управления. В рамках стратегии цифровой трансформации высшего образования актуальна разработка и интеграция цифровых сервисов поддержки реализации ИОТ. В статье предлагается метод информационной поддержки реализации ИОТ путем автоматизации процедуры фиксации учебных достижений с использованием семантического анализа и эволюционных вычислений. Предложенный метод реализован в виде прикладного программного обеспечения, его эффективность продемонстрирована на примере перевода студента с одного направления подготовки на другое.

Ключевые слова: цифровизация, эволюционные вычисления, генетический алгоритм, индивидуальные образовательные траектории, фиксация учебных достижений, задачи оптимизации, обработка информации.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из наиболее актуальных трендов высшего образования является реализация всех образовательных программ с построением индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ) обучающихся. Согласно опыту ведущих российских университетов¹ внедрение модели ИОТ является важнейшим элементом повышения эффективности высшего образования. ИОТ позволяют сделать гибким образовательный процесс, повышают мотивацию обучающихся углублять свои знания, выбирать свой образовательный трек в зависимости от профориентации, личных предпочтений и возможностей. Однако процесс реализации ИОТ сложен и дорогостоящ, требует больших временных затрат, перестройки процессов университета, изменения модели управления. В частности, модель ИОТ может быть плохо совместима с узкоспециализированными направлениями отраслевых университетов.

В сфере высшего образования ИОТ регламентируются Федеральным законом об образовании², Федеральными государственными образовательными стандартами³, профессиональными стандартами и другими внешними, в частности, приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации⁴ и внутренними нормативными документами образовательных учреждений. Исходя из вышеперечисленных «рамок» и ограничений ИОТ может определяться в первую очередь возможностями образовательной системы, а также индивидуальными возможностями и потребностями обучающегося, потребностями рынка труда.

¹ Индивидуальные образовательные траектории в университете. URL: <https://education.forbes.ru/special-projects/iot-main/quotes>

² Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012, № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

³ Портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: <https://fgosvo.ru/>

⁴ URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71571088/>

URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202008280058>

Таким образом, ИОТ обучающегося представляет собой перевод студента с одного направления на другое, выход из академического отпуска, восстановление студента, участие в программах академической мобильности, сетевом обучении, получение дополнительных квалификаций и др. С другой стороны, в рамках цифровой трансформации высшего образования⁵ требуется информационное обеспечение всех этапов образовательной деятельности. Поэтому разработка информационных систем поддержки, сопровождения и реализации ИОТ является актуальной научно-технической задачей.

В настоящее время информационная поддержка образовательного процесса осуществляется на основе таких программных комплексов как 1С⁶, Modeus⁷ и др. Однако, в большинстве из них отсутствует функционал, позволяющий учитывать в рамках реализации ИОТ учебные достижения обучающегося, полученные при переводе с другого направления, повышении дополнительной квалификации, участии в академической мобильности и пр. Рассмотренные задачи решаются, как правило, вручную с привлечением экспертов.

В статье рассматривается задача формирования наилучшего плана фиксации учебных достижений обучающегося в рамках ИОТ, которая может быть рассмотрена как задача оптимизации и решена при помощи эволюционных вычислений.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предложена математическая постановка задачи фиксации учебных достижений путем формирования плана перезачёта.

Введем следующие обозначения:

Ω – компетентностная модель выпускающего направления,

D – множество дисциплин, реализующих эту компетентностную модель,

$C(d)$ – компетенции, осваиваемые в процессе изучения дисциплины d ,

$T(d)$ – трудоемкость дисциплины d в зачетных единицах,

Ω^* – множество компетенций, освоенных обучающимся,

T^* – трудоемкость, затраченная обучающимся,

$\delta(\omega_i, \omega_j)$ – мера сходства двух компетенций (вещественнозначная функция двух аргумен-

тов, принимающая значение из диапазона от 0 (разные компетенции) до 1 (одинаковые компетенции).

Учет учебных достижений обучающегося подразумевает формирование плана перезачета $D^* \subseteq D$ – совокупности дисциплин выпускающего направления, по которым обучающемуся автоматически выставляются итоговые оценки. Оптимальность плана перезачета складывается из следующих показателей:

- степень соответствия имеющихся у обучающегося учебных достижений перезачитываемым дисциплинам;
- соответствие суммарной трудоёмкости перезачитываемых дисциплин тому времени, которое обучающийся потратил на учебные достижения, подлежащие учёту.

Введем функцию качества плана перезачёта

$$F(D) = \min_{\omega_i \in \Omega^*} \max_{\omega_j \in \bigcup_{d \in D} C(d)} \delta(\omega_i, \omega_j). \quad (1)$$

⁵ Стратегия цифровой трансформации науки и высшего образования от 14.07.2021.

URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=36749

⁶ 1С:Университет – Возможности продукта. URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/university>

⁷ Modeus – платформа управления индивидуальными образовательными траекториями в университетах и ДПО.
URL: <https://modeus.custis.ru/>

При формировании образовательной траектории для каждого перехода должно выполняться правило индивидуального оптимального выбора, которое заключается в выборе наилучшего плана перезачета

$$D^* = \arg \max_{D' \in 2^D} F(D). \quad (2)$$

При этом действует следующее ограничение

$$\sum_{d \in D^*} T(d) \leq T^*. \quad (3)$$

Реализация метода формирования индивидуальной образовательной траектории на основе предложенной математической модели требует привлечения средств автоматического анализа текстов на естественных языках [1, 2] для оценки семантического сходства дисциплин, а также решения задачи оптимизации для последующего выбора наилучшего плана фиксации учебных достижений.

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ НАИЛУЧШЕГО ПЛАНА ФИКСАЦИИ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

При формировании наилучшего плана фиксации учебных достижений предлагается использовать эволюционные вычисления. Эволюционные алгоритмы могут применяться при обучении нейронных сетей [3], обучении с подкреплением [4], при разработке электронных курсов обучения в системе ДПО [5], для генерации проверочных тестов [6], для формирования индивидуальных образовательных траекторий слушателей онлайн-курсов [7], прогнозирования академической успеваемости студентов [8] и др.

Генетический алгоритм, как один из видов эволюционных вычислений, требует меньше времени на реализацию, что отличает его от других оптимизационных и эвристических алгоритмов. Для рассматриваемой задачи это является очевидным преимуществом, поскольку при переводе студента на другое направление, при его восстановлении, выходе из академического отпуска требуются значительные затраты времени на формирование плана фиксации учебных достижений вручную. Зачастую, возникают проблемы с обработкой большого количества информации из разнородных источников. Возникающие ошибки при сопоставлении учебных достижений могут привести к перегрузке обучающегося.

На первом этапе формирования плана фиксации учебных достижений с помощью разработанного алгоритма сопоставления компетенций на основе латентно-семантического анализа [2, 3] формируется матрица численных оценок сходства компетенций. Она является основой для вычисления функции приспособленности алгоритма.

В предлагаемом генетическом алгоритме каждая особь состоит из одной хромосомы, каждый ген которой соответствует дисциплине выпускающего направления и может принимать одно из двух значений: «зачтено» или «не зачтено» (рисунок 1).



Рис. 1 Структура особи генетического алгоритма

Таким образом, каждая особь представляет собой вариант плана перезачёта для заданного набора освоенных компетенций. В начале работы алгоритма (рисунок 2) популяция заполня-

ется особями, гены которых заполнены случайно. После оценки их приспособленности на основе математической модели, разработанной авторами ранее [2, 3], выбирается доля наилучших особей и копируется в новую популяцию без изменений. Если при этом будет обнаружена особь, удовлетворяющая критерию останова алгоритма, то выполнение прекращается, а эта особь возвращается как результат.



Рис. 2 Алгоритм фиксации учебных достижений обучающегося

Если подходящая особь не обнаружена, то реализуется модель селекции «колесо рулетки» и новая популяция пополняется особями, полученными в результате работы генетических операторов: кроссинговера и мутации (рисунки 3, 4).

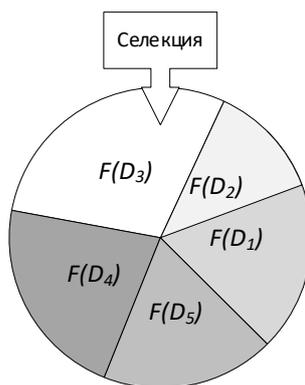


Рис. 3 Селекция методом колеса рулетки

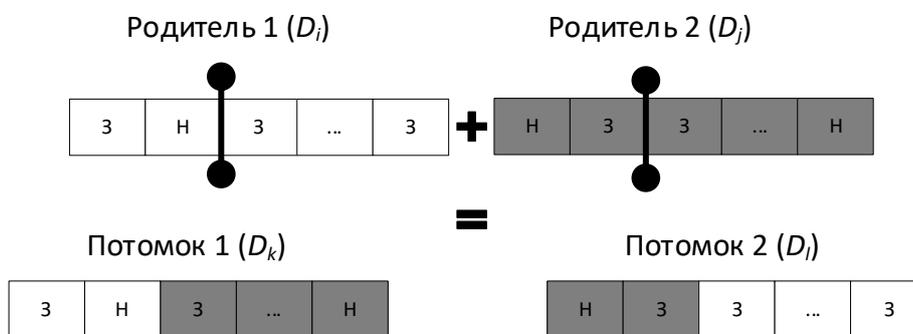


Рис. 4 Кроссинговер

Приспособляемость особи оценивается как функция качества плана фиксации учебных достижений, то есть как степень семантической близости дисциплин, входящих в план, набору освоенных компетенций.

В результате работы генетического алгоритма формируется некоторое количество наилучших вариантов плана фиксации (наиболее приспособленные особи), которые предлагаются для выбора лицу, принимающему решение.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ НАИЛУЧШЕГО ПЛАНА ФИКСАЦИИ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

Разработанный метод реализован в виде модуля формирования наилучшего плана фиксации учебных достижений для поддержки образовательного процесса в рамках ИОТ. Эффективность модуля оценивалась на примере перевода обучающегося с направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» на направление 09.03.04 «Программная инженерия» во втором семестре.

Эволюционный алгоритм работал следующим образом (рисунок 5).

На каждой итерации генетического алгоритма выводится информация о максимальной и средней приспособленности в популяции, а также наилучший индивидуум для данного поколения (рисунок 6).

В результате эксперимента, проведенного при помощи программного обеспечения, был получен план фиксации учебных достижений (рисунок 7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. A. V. Klimova, N. I. Yusupova, O. N. Smetanina et al. "Decision support in the information maintenance of individual education trajectory based on ontological models and distributed RDF-storage" In: Proc. 3rd International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments, Irkutsk, Russia, 2021. [online]. Available: <https://doi.org/10.47350/ICCS-DE.2021.07>
2. Климова А. В., Огилько В. М. Алгоритм автоматизированного сопоставления учебных планов при академической мобильности на основе семантического анализа компетентностных моделей // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений ИТИДС-2020: материалы восьмой Всероссийской конференции (с приглашением зарубежных ученых). Уфа. 2020. Том 2. С. 23-27. [[A. V. Klimova, V. M. Ogil'ko. Algoritim avtomatizirovannogo sopostavljeniya uchebnykh planov pri akademicheskoi mobil'nosti na osnove semanticheskogo analiza kompetentnostnykh modelei = Algorithm for automated comparison of curriculum in academic mobility based on semantic analysis of competence models (in Russian), in Proc. 8th Workshop on Information technology intelligent decision support (ITIDS-2020), Ufa, Russia, vol. 2, pp. 23-27, 2020]]
3. Мищенко В. А., Коробкин А. А. Использование генетических алгоритмов в обучении нейронных сетей // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5138> (дата обращения: 15.04.2023). [[V. A. Mishchenko, A. A. Korobkin. Ispol'zovanie geneticheskikh algoritmov v obuchenii neironnykh setei = Using genetic algorithms in training neural networks, (in Russian), Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. no. 6. 2011. [online]. Available: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5138>]]
4. Кравчук В. А. Использование генетического алгоритма в обучении с подкреплением // Экономика и качество систем связи. 2022. №2 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-geneticheskogo-algoritma-v-obuchenii-s-podkrepleniem> (дата обращения: 15.04.2023). [[V. A. Kravchuk. Ispol'zovanie geneticheskogo algoritma v obuchenii s podkrepleniem = Using the Genetic Algorithm in Reinforcement Learning, (in Russian), Ekonomika i kachestvo sistem svyazi. no. 2(24). 2022. [online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-geneticheskogo-algoritma-v-obuchenii-s-podkrepleniem>]]
5. Симонова А. Г. Применение генетических алгоритмов при разработке электронных курсов обучения в системе дополнительного профессионального образования // Фундаментальные исследования. 2006. № 8. С. 71-72; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5268> (дата обращения: 15.04.2023). [[A. G. Simonova. Primenenie geneticheskikh algoritmov pri razrabotke elektronnykh kursov obucheniya v sisteme dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya = Application of genetic algorithms in the development of e-learning courses in the system of additional professional education, (in Russian), Fundamental'nye issledovaniya. no. 8, pp. 71-72, 2006; [online]. Available: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5268>]]
6. Ошкин, А. В. Обзор подходов и методов прикладного использования генетических алгоритмов в образовательной сфере // Педагогическое мастерство: материалы XLV Междунар. науч. Конф. Казань: Молодой ученый, 2023. С.57-70. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/481/17823/> (дата обращения: 15.04.2023). [[A. V. Oshkin. Obzor podkhodov i metodov prikladnogo ispol'zovaniya geneticheskikh algoritmov v obrazovatel'noi sfere = Overview of Approaches and Methods for the Application of Genetic Algorithms in Education, (in Russian), in proc. XLV Workshop. Kazan': Molodoi uchenyi, 2023. pp. 57-70. [online]. Available: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/481/17823/>]]
7. V. V. Zaporozhko, I. P. Bolodurina, D. I. Parfenov "A genetic-algorithm approach for forming individual educational trajectories for listeners of online courses". In proc. of the 2018 Multidisciplinary Symposium on Computer Science and ICT (REMS 2018), Stavropol, Russia, 2018. [online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-2254/10000229.pdf>
8. A. Farissi. "Genetic Algorithm Based Feature Selection for Predicting Student's Academic Performance". IRICT 2019, AISC 1073, pp. 110-117, 2020. [online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/337534319_Genetic_Algorithm_Based_Feature_Selection_for_Predicting_Student's_Academic_Performance

Поступила в редакцию 17 апреля 2023 г.

МЕТАДАННЫЕ / METADATA

Title: The method of forming the best plan for accounting of educational achievements based on a genetic algorithm.

Abstract: In most modern universities, individual educational trajectories (IET) are being actively implemented, which make it possible to increase the efficiency of the educational process. On the other hand, the process of implementing the IET is complex and expensive, it requires a lot of time, restructuring the processes of the university, and changing the management model. Within the framework of the strategy of digital transformation of higher education, development and integration of digital services to support the implementation of IET is relevant. The article proposes a method of information support for the implementation of IET by automating the procedure for accounting for educational achievements using semantic analysis and evolutionary calculations. The proposed method is implemented in the form of application software, it's effectiveness is demonstrated by the example of moving a student from one area of training to another.

Key words: digitalization, evolutionary computing, genetic algorithm, individual educational trajectories, accounting of educational achievements, optimization problems, information processing

Язык статьи / Language: русский / Russian.

Поддержка/Support: Уфимский университет науки и технологий / Ufa University of Science and Technology.

Об авторах / About authors:**Ковтуненко Александра Вадимовна**

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Ст. преп. каф. вычислительной математики и кибернетики.
Дипл. экон.-математик (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2011).
Иссл. в обл. инженерии знаний и интеллектуальных технологий.

E-mail: klimova.av@ugatu.su

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0385-8112>

URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=822385

Ковтуненко Алексей Сергеевич

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Доц. каф. информатики. Дипл. инж. (Уфимск. гос. авиац.
техн. ун-т, 2007). Канд. тех. наук (там же, 2013). Иссл. в обл.
прогр.-аппаратн. комплексов распред. обработки данных,
интернета вещей, граничных вычислений.

E-mail: kovtunenکو.as@ugatu.su

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3814-7310>

URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=604692

Kovtunenکو Alexandra Vadimovna

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Senior lecturer of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Dipl. economist-mathematician (UGATU, 2011). Research in knowledge engineering and intellectual technologies.

E-mail: klimova.av@ugatu.su

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0385-8112>

URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=822385

Kovtunenکو Alexey Sergeevich

Ufa University of Science and Technology, Russia.
Assoc. Prof. Dept. Informatics. Dipl. engineer (UGATU, 2007).
Cand. of Tech. Sci. (UGATU, 2013). Research in software and hardware systems of distributed data processing, the Internet of things, edge computing.

E-mail: kovtunenکو.as@ugatu.su

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3814-7310>

URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=604692