

## ГРАФОВАЯ И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ЛИЦ С ОСОБЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ

Скудняков Ю.А., Шпак И.И.

*Институт информационных технологий БГУИР, г. Минск, Республика Беларусь,  
[skudnyakov@bsuir.by](mailto:skudnyakov@bsuir.by), [shpak@bsuir.by](mailto:shpak@bsuir.by)*

В статье проводится анализ возможностей существующих моделей организации процесса адаптивного обучения лиц с особыми потребностями, и на основе результатов анализа выявлены некоторые недостатки используемых решений. Для повышения эффективности организации процесса адаптивного обучения разработаны графовая и алгоритмическая модели, использование которых позволяет формировать обобщенные индивидуальные адаптивные образовательные траектории для каждой группы обучающихся, близких по уровню начальной подготовки до вхождения в обучение.

**Ключевые слова:** графовая и алгоритмическая модели; организация; процесс; адаптивное обучение; цифровые технологии; обучающиеся с особыми потребностями; инклюзивное образование.

Эффективная организация процесса адаптивного обучения (ПАО) лиц с особыми потребностями (ЛСОП) (обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья) возможна и достигается на основе системного подхода, предусматривающего использование взаимосвязанных передовых технологий, методов, моделей, информационно-образовательных, цифровых, нейросетевых технологий, программно-алгоритмического и технического обеспечения. Такая организация ПАО позволяет учитывать индивидуальные особенности, возможности, потребности, условия обучения ЛСОП. Следовательно, обеспечение требуемого уровня подготовки обучающихся является актуальной задачей. Решению проблем организации и практической реализации ПАО посвящен ряд работ, в которых рассматриваются недостатки, достоинства и перспективы развития адаптивного обучения [1-4]. Эффективным решением задачи является разработка и использование интегрированной адаптивной информационно-образовательной системы, включающей образовательные модули с применением современных цифровых технологий (СЦТ) [5-7], использование нейросетевых технологий организации ПАО в области инклюзивного образования [8, 9], формирование и использование индивидуальных адаптивных образовательных траекторий (ИАОТ), учитывая особенности ЛСОП [10, 11].

В работах [12-14] рассмотрены возможности известных, многофункциональных электронных обучающих систем: LMS Moodle, ALEKS, Knewton, которые успешно используются в ПАО. Однако, данные системы, кроме несомненных достоинств, обладают избыточностью и требуют финансовых и временных затрат для своей установки и настройки, а также профессионально-технических компетенций преподавателей в области веб-разработки для организации ПАО.

На основе проведенного анализа существующих разработок в области современного образования, в том числе и инклюзивного, следует, что актуальным и перспективным направлением подготовки квалифицированных специалистов в различных сферах человеческой деятельности является создание и практическое применение адаптивных методов, моделей, алгоритмов и технологий, учитывающих не только особенности и возможности ЛСОП, но и образовательный потенциал более широкой аудитории обучающихся.

Целью данной работы является дальнейшее развитие и эффективная организация существующего ПАО.

Для достижения поставленной цели в рамках работы решаются следующие задачи:

– проведение анализа возможностей, достоинств и недостатков существующих

решений в области организации современного ПАО;

– разработка графовой модели (ГМ) с построением и использованием обобщенной индивидуальной адаптивной образовательной траектории (ОИАОТ) в ПАО, что позволяет организовать процесс обучения ЛСОП с меньшими ресурсами по сравнению с применением существующих решений, особенно это актуально и эффективно для подготовки широкой аудитории в рамках как традиционного, так и инклюзивного образования;

– разработка алгоритмической модели (АМ) для компьютерной реализации ГМ современного ПАО, использование которой позволяет автоматизировать процесс подготовки ЛСОП, что дает возможность сократить время обучения и повысить его качество.

### Модели организации ПАО

Рассмотрим структуру и содержание разработанной ГМ организации ПАО с построением и использованием ОИАОТ (рисунок 1).

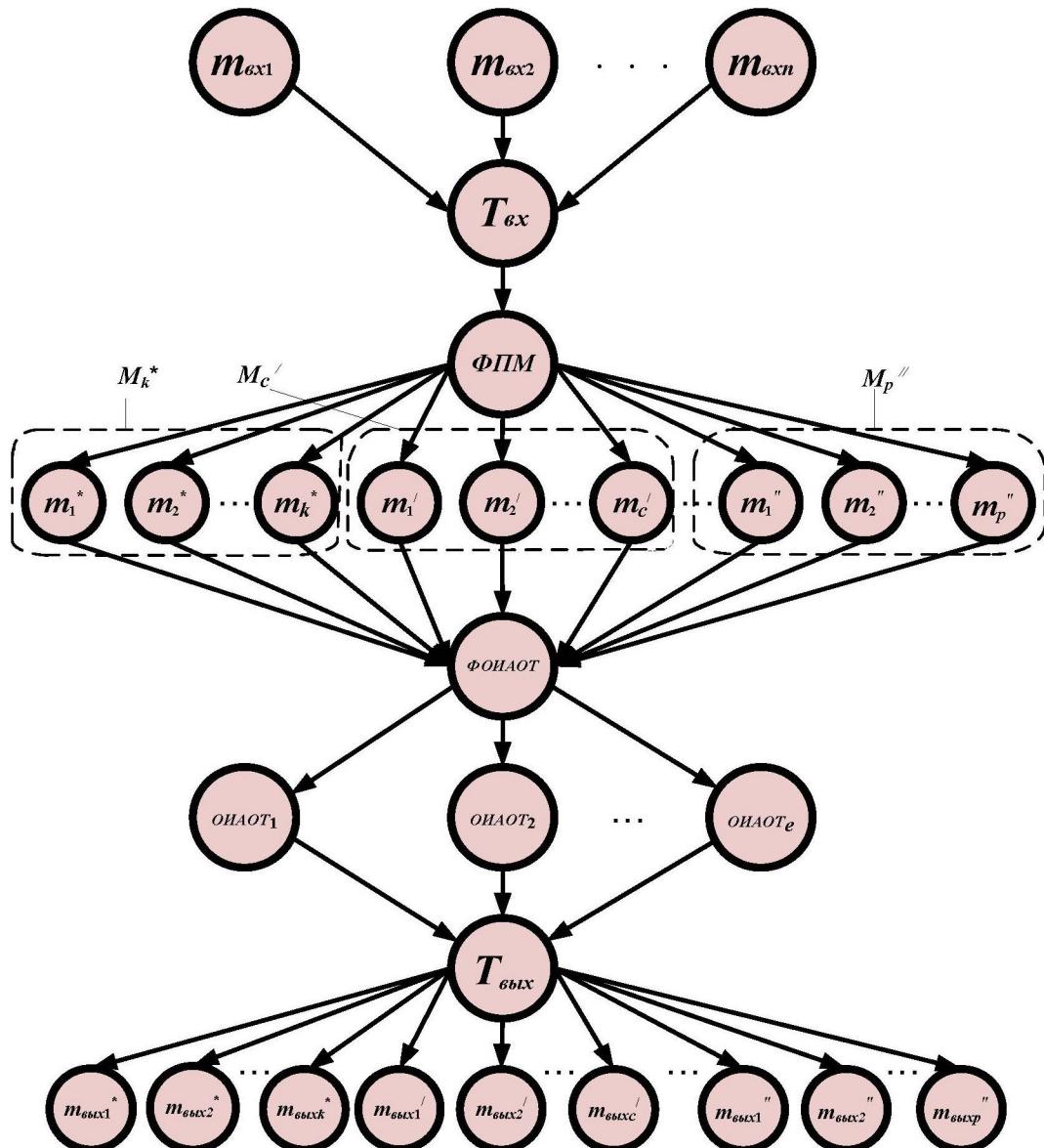


Рисунок 1 – Графовая модель

На рисунке 1 показаны:

–  $M_{ex} = \{m_{exi}, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}$ ,  $|M_{ex}| = n$  – множество входных моделей обучающихся, содержащих уровни их начальной подготовки в рамках конкретной области знаний до начала обучения;

–  $T_{ex}$  – входное тестирование  $M_{ex}$ , необходимое для проведения оценки начального уровня подготовки обучающихся до вхождения в ПАО;

–  $\PhiPM$  – формирование подмножеств  $M_k^* = \{m_j^*, j = 1, 2, \dots, k = \overline{1, k}\}$ ,  $|M_k^*| = k$ ;  $M_c^* = \{m_l^*, l = 1, 2, \dots, c = \overline{1, c}\}$ ,  $|M_c^*| = c$ ;  $M_p^* = \{m_r^*, r = 1, 2, \dots, p = \overline{1, p}\}$ ,  $|M_p^*| = p$ , состоящих каждое из моделей обучающихся, близких по уровню начальной подготовки после проведения входного тестирования  $T_{ex}$  их знаний, умений и навыков; причем:  $k + c + \dots + p = n$ ;

–  $\PhiOIAOT = \{\PhiOIAOT_d, d = 1, 2, \dots, e = \overline{1, e}\}$ ,  $|\PhiOIAOT| = e$  – множество формирований обобщенных ОИАОТ;

–  $OIAOT = \{OIAOT_d, d = 1, 2, \dots, e = \overline{1, e}\}$ ,  $|OIAOT| = e$  – множество ОИАОТ, реализующих ПАО с формированием профессиональной компетентности (ПК) обучающихся;

–  $M_{вых} = \{m_{выхi}, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}$ ,  $|M_{вых}| = n$  – множество выходных моделей обучающихся, сформированных и содержащих уровни их подготовки в итоге прохождения ими обучения в рамках ПАО и результаты создания их ПК;

–  $T_{вых}$  – тестирование множества выходных моделей обучающихся  $M_{вых} = \{m_{выхi}, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}$ ,  $|M_{вых}| = n$ , сформированных и содержащих уровни их подготовки в итоге прохождения ими обучения в рамках ПАО и результаты создания их ПК.

Для компьютерной реализации, рассмотренной выше ГМ в данной работе предложена АМ, укрупненная схема которой представлена на рисунке 2.

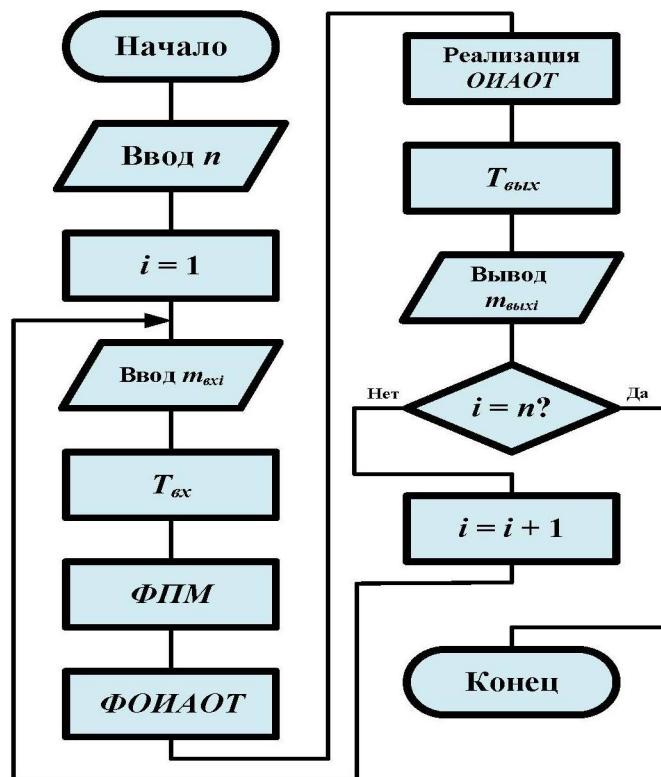


Рисунок 2 – Укрупненная алгоритмическая модель компьютерной реализации ГМ

Алгоритм работает следующим образом: 1) вводится количество входных моделей  $n$ ; 2) присваивается индексу  $i = 1$  для организации адаптивного обучения каждого обучающегося; 3) выполняется ввод входной модели каждого обучающегося  $m_{exi}$  до прохождения им ПАО; 4) производится входное тестирование  $T_{ex}$   $m_{exi}$  до вхождения в ПАО обучающимся и сохраняются результаты тестирования для последующих ФПМ и ФОИАОТ; 5) выполняется процесс ФПМ; 6) для реализации ПАО производится ФОИАОТ; 7) осуществляется реализация ОИАОТ; 8) выполняется выходное тестирование  $m_{выхi}$ ; 9) осуществляется вывод  $m_{выхi}$ ; 10) проверяется  $i = n?$ , если да, то алгоритм заканчивает работу, в противном случае индекс увеличивается на 1:  $i = i + 1$ , и далее выполняется переход к вводу следующей  $m_{exi}$ .

Следует отметить, что на рисунке 2 представлена упрощенная схема алгоритма из-за имеющегося ограничения размера рабочего поля страницы. Поэтому приведенная схема алгоритма не отражает полное описание его работы, а внутренний цикл формирования и реализации образовательных траекторий описан словесно (этапы 5,6,7 алгоритма).

В случае небольшого количества обучающихся для их обучения возможны варианты построения и реализации ОИАОТ или ИАОТ (когда изучает учебный материал, обучающийся по индивидуальной адаптивной образовательной траектории).

Рассмотренный алгоритм может быть положен в основу построения и работы электронной системы адаптивного обучения, использование которой обеспечивает индивидуализацию приобретения знаний, диагностирование начального уровня подготовки, на основе результатов проведения которого выполняется подбор содержания, моделей, образовательных, цифровых, нейросетевых и других эффективных технологий, возможность гибкого применения электронной системы обучения.

В результате проведенного исследования:

– осуществлен анализ существующих решений в области создания и практического использования методов, моделей, систем автоматизации организации ПАО и на основе результатов проведенного анализа выявлены их достоинства и недостатки;

– разработана ГМ организации ПАО, содержащая ОИАОТ, реализация каждой из которых осуществляется для группы обучающихся, имеющих близкий уровень знаний после выполнения входного тестирования (в этом случае такую адаптивную образовательную траекторию можно рассматривать как обобщенную индивидуальную, поскольку ее индивидуализация рассматривается по отношению к другим траекториям, которые, в свою очередь, также являются индивидуальными);

– разработанная ОИАОТ обладает как рядом достоинств, так и недостатками. Достоинства – применение предложенной модели маршрута обучения позволяет экономить информационно-вычислительные ресурсы и, тем самым, сократить время изучения учебного материала и получить дополнительный временный ресурс для более качественного усвоения изучаемой информации, а также проводить обучение для широкой аудитории обучающихся. Недостатки такой траектории – она является относительно «грубой», поскольку ее использование обеспечивает обучение с допустимой погрешностью, что не всегда приводит к желаемому качеству обучения, так как при этом могут быть не полностью учтены особенности и потребности обучающихся (в таких случаях рекомендуется использовать ИАОТ в ПАО);

– разработана алгоритмическая модель, использование которой на основе ГМ позволяет автоматизировать построение и функционирование ПАО и, следовательно, минимизировать и рационально распределить временные ресурсы для достижения максимально допустимых результатов как в рамках инклюзивного, так и традиционного образования;

– к перспективам развития полученных в данной работе результатов можно отнести: создание и практическое использование в организации ПАО программно-алгоритмического обеспечения на основе систем искусственного интеллекта и квантовых технологий, при условии их практического внедрения, что позволит повысить уровень профессиональной подготовки достаточно широкой аудитории обучающихся.

### Литература

1.Колесникова, И.В. Концептуальная модель адаптивного обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью / И.В. Колесникова // Интернет-журнал: «Мир науки», 25.11.2018 – № 5, Том 6: <https://mir-nauki.com/PDF/49PDMN518.pdf>.

2.Вилкова, К. А. Адаптивное обучение в высшем образовании: за и против / К. А. Вилкова, Д. В. Лебедев; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. – М.: НИУ ВШЭ, 2020. – 36 с.

3.Караваева, И.А. Управление адаптивными образовательными системами / И.А. Караваева // Успехи современного естествознания. – М.: 2008. – № 4. – С. 116-119.

4.Царев, Р.Ю. Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды / Р.Ю. Царев, С.В. Тынченко, С.Н. Гриценко // Современные проблемы науки

и образования, 2016. – № 5.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25227> (дата обращения: 19.11.2025).

5. Соловова, Н.В. Цифровая педагогика: технологии и методы / Н.В. Соловова, Д.С. Дмитриев, Н.В. Суханкина, Д.С. Дмитриева. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 128 с.

6. Роберт, И.В. Цифровая трансформация образования: вызовы и возможности совершенствования / И.В. Роберт. – Информатизация образования и науки. 2020; № 3 (47): С.3–16.

7. Скудняков, Ю.А. Формирование профессионально - творческой компетентности обучающихся в процессе адаптивного обучения с применением цифровых технологий / Ю.А. Скудняков, А.В. Гордеюк // V Международная научно-практическая конференция: «Актуальные вопросы профессионального образования», Минск, 25-26 мая 2023. – Минск: БГУИР, филиал «Минский радиотехнический колледж», 2023, – С. 336-340.

8. Юрков, Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы: моногр. / Н. К. Юрков. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.

9. Скудняков, Ю.А. Автоматизированная обучающе-тестирующая система по основам нейронных компьютерных сетей / Ю.А. Скудняков, Н.С. Кукушкина, А.В. Гордеюк // XXIII Международная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии» ИСТ-2017. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева, 2017. – С.590-594.

10. Шпак, И.И. Развитие инклюзивного образования на основе применения ИКТ и модульных образовательных технологий. / И.И. Шпак, Ю.А. Скудняков, В.В. Шпилевская // III МНПК «Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями» - Минск: БГУИР, декабрь 2019 года. с.141-143.

11. Вайнштейн, Ю.В. Адаптивная модель построения индивидуальных образовательных траекторий при реализации смешанного обучения / Ю.В. Вайнштейн, Р. В. Есин, Г. М. Цибульский // Информатика и образование, 2017. – С. 83–86.

12. Цибульский, Г.М. Разработка адаптивных электронных обучающих курсов в среде LMS Moodle / Г.М. Цибульский, Ю.В. Вайнштейн, Р.Б. Есин. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. – 406 с.

13. ALEKS – Adaptive Learning & Assessment [ Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aleks.com>. – Дата доступа: 19.11.2025.

14. Knewton [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.knewton.com>. – Дата доступа: 19.11.2025.

## **GRAPH AND ALGORITHMIC MODELS OF ADAPTIVE LEARNING OF PERSONS WITH SPECIAL NEEDS**

Skudnyakov Yu.A., Shpak I.I.

*Institute of Information Technologies of BSUIR, Minsk, Republic of Belarus*

The article analyzes the possibilities of existing models of the process of adaptive learning of persons with special needs, and based on the results of the analysis, some shortcomings of the used solutions are revealed. To improve the efficiency of the adaptive learning process, a graph and algorithmic model has been developed, which can be used to create generalized individual adaptive educational trajectories for each group of students with similar initial levels of preparation before entering the learning process.

Keywords: graph and algorithmic model; organization; process; adaptive learning; digital technologies; students with special needs; inclusive education.