

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ С ОСОБЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ**

Скудняков Ю.А., Шпак И.И.

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

Для повышения эффективности адаптивного обучения студентов с особыми потребностями разработаны графовые модели, обладающие наглядностью, компактностью матричной формы представления и возможностью их компьютерной обработки. Разработаны универсальная гиперграфовая модель и алгоритм её реализации, использование которых позволяет организовать гибкий процесс адаптивного обучения студентов с разными возможностями.

Ключевые слова: графовые модели; студенты с особыми потребностями; адаптивные образовательные технологии; современные информационные технологии; алгоритм.

Эффективность современного образовательного процесса (СОП) во многом зависит от качества его организации, которое достигается путем разработки и применения

соответствующего математического обеспечения, информационных и образовательных технологий.

Для успешного выполнения СОП необходимо использовать системный подход, учитывающий достоинства традиционного и адаптивного обучения (АО), обладающего гибкостью и содержащего элементы искусственного интеллекта.

В работе [1] для обучения студентов с особыми потребностями предлагается использовать следующие педагогические принципы: 1) индивидуализация, учитывающая способность усваивать учебный материал, психофизические, эмоционально-волевые и интеллектуальные качества студента; 2) наглядность, позволяющая повысить эффективность восприятия и усвоения изучаемого материала; 3) коммуникативность, обеспечивающая обмен информационно-образовательными ресурсами между участниками учебного процесса на основе применения современных информационных технологий (СИТ).

В работе [2] для повышения эффективности процесса обучения предложены методические рекомендации по необходимости использовать, наряду со зрительным восприятием, слуховые и осязательные возможности слабовидящих студентов.

Работа [3] посвящена аналитическому анализу возможностей АО, рассмотрены алгоритмы его функционирования, модели предметной области и студента, объекты адаптации: контент, задания, порядок представления учебных материалов с использованием существующих адаптивных систем: 1) SmartSparrow; 2) Knewton; 3) MyLab; 4) ALEKS; 5) LearnSmart; 6) CogBooks; 7) Plario. Кроме того, в работе приведены результаты исследования по изучению эффективности АО, рассмотрены основные проблемы его применения.

В работе [4] проведена оценка эффективности системы адаптивного электронного обучения (АЭО). На основе полученных результатов проведенного анализа сформулирован вывод о целесообразности разработки, использования и развития системы АЭО в силу имеющихся у нее достоинств: гибкости, оперативности, комфортности процесса обучения, обеспечение высокого уровня усвояемости изучаемого материала. Рассмотрены основные показатели качества АЭО, определяющие его эффективность, предложена модель адаптивного контроля знаний, включающая модули: 1) «База знаний и база данных», содержащих соответственно: а) методы и/или модели процесса контроля, а также совокупность знаний предметной области; б) наборы вопросов и задач, необходимых для проверки знаний обучаемого и/или данные для формирования заданий; 2) «Алгоритм контроля», выполняющий следующие функции: а) проверка правильности ответов обучаемого и выполняемых им действий; б) определение результатов выполнения обучаемым заданий; 3) «Формировщик вопросов и задач», предназначенный для формирования и выдачи обучаемому очередного задания; 4) «Модель обучаемого» содержит информацию об обучаемом (предыстория обучения, результаты текущей работы, общий уровень подготовленности); 5) « $D_x$ » – состояние среды, определяющее параметры задания, предлагаемое обучаемому.

Предложенная модель реализована с помощью разработанного программного средства на языке T-SGL.

Исследованию, разработке, применению, оценке возможностей и проблем внедрения систем АО, а также подходов к организации инклюзивного образования посвящены работы [5–12].

В данной работе предлагается подход автоматизированного АО студентов с особыми потребностями с использованием СИТ.

Применение адаптивных образовательных технологий (АОТ) для обучения такой категории обучающихся является весьма актуальным, поскольку АОТ позволяют учитывать уровень знаний, индивидуальные способности и потребности студентов. Это свидетельствует о наличии гибкости, адаптивности и некоторых интеллектуальных возможностей АОТ.

Для организации АО студентов с особыми потребностями в работе разработана гиперграфовая модель (ГГМ) и предложен алгоритм ее использования.

В общем виде ГГМ отражает  $n$ -отношения между субъектами и объектами АО. В ГГМ в виде:  $H(X, Y)$ , в которой  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_k\}$ ,  $|X| = k$  – множество вершин и  $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ ,  $|Y| = m$  – множество ребер, представляющих собой семейство подмножеств  $X$ . Причем,  $Y$  – гиперграф на множестве  $X$ , если  $Y \neq \emptyset$  и  $\cup y_i | i \in I = X$ ,  $I = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ ,  $|I| = m$ . Каждое ребро  $y_i \in Y$  – это подмножество множества  $X$ . При  $|y_i| = 2$  гиперграф  $H(X, Y)$  не имеет петель.

Наглядная интерпретация общей ГГМ представлена на рисунке 1.

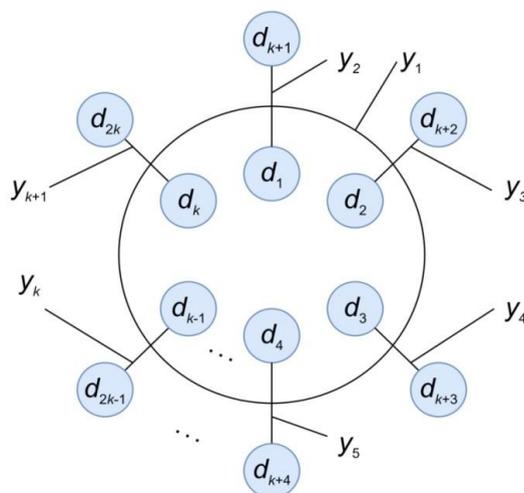


Рисунок 1 – Гиперграф  $H(D, Y)$

Представленная на рисунке 1 ГГМ состоит из множества изучаемых дисциплин  $D_1 = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_{k-1}, d_k\}$ ,  $|D_1| = k$  и  $D_2 = \{d_{k+1}, d_{k+2}, d_{k+3}, d_{k+4}, \dots, d_{2k-1}, d_{2k}\}$ ,  $|D_2| = k$  – множество дисциплин, содержащее учебно-методический материал как дополнительный или альтернативный к основному с учетом индивидуальных возможностей и особенностей обучающихся, а множество  $D$  представляет совокупность  $D_1$  и  $D_2$ .  $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_k, y_{k+1}\}$ ,  $|Y| = k+1$  – множество ребер, информационно объединяющих изучаемые дисциплины, причем, ребро  $y_1$  охватывает основное множество изучаемых дисциплин, а остальные ребра – дополнительный или альтернативный учебный материал.

Реализация ГГМ осуществляется с помощью следующего алгоритма:

- 1) выполняется ввод количества дисциплин  $2k$  и ребер  $k+1$ ;
- 2) осуществляется ввод содержания дисциплин с учебно-методическим материалом;
- 3) осуществляется усвоение изучаемого материала;
- 4) производится тестирование уровня знаний  $n$  обучающихся;
- 5) осуществляется выдача оценок по 10-балльной системе;
- 6) определяются АОТ, их количество, с использованием которых получены оценки «4–6», а также обучающихся, их количество, получивших оценки «4–6»;
- 7) проверяется, все ли обучающиеся получили оценки «4–6», если да, то переходим к пункту 8, если нет – к пункту 9;
- 8) каждому обучающемуся предлагается выбор группы АОТ с установленным их сочетанием в количественном и качественном выражении, необходимых для успешного усвоения изучаемого материала;
- 9) определяются АОТ, их количество, обучающиеся, их количество, где имеют место оценки «7–8»;
- 10) проверяется, все ли обучающиеся получили оценки «7–8», если да, то переходим к пункту 11, если нет – к пункту 12;
- 11) аналогично п.8;
- 12) аналогично п.9, только для оценок «9–10»;
- 13) аналогично п.10;
- 14) по результатам тестирования осуществляется закрепление соответствующих групп АОТ за определенными категориями обучающихся с учетом их индивидуальных способностей и пожеланий, затем выполняется процесс обучения.

В качестве примера рассмотрим процесс адаптивного обучения (ПАО) с использованием гиперграфа  $H(D, Y)$ , содержащего множество вершин изучаемых дисциплин  $D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_{12}\}$ ,  $|D| = 12$  и множество ребер  $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_7\}$ ,  $|Y| = 7$ , указывающих на информационную связность между дисциплинами (рисунок 2).

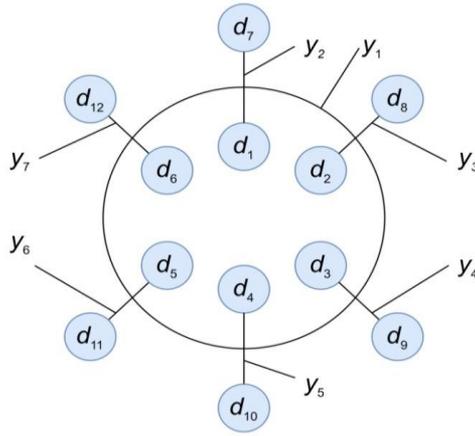


Рисунок 2 – Гиперграф  $H(D, Y)$  для примера

Для большей наглядности и простоты анализа построим двудольный граф Кенига  $K(H)$ , соответствующий гиперграфу  $H(D, Y)$  (рисунок 3).

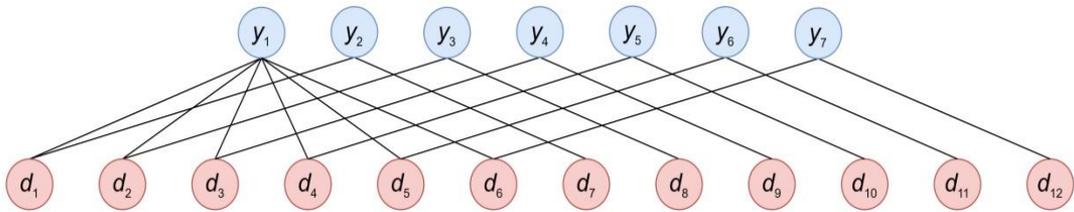


Рисунок 3 – Двудольный граф Кенига  $K(H)$  гиперграфа  $H(D, Y)$  для примера

На основе сформированного графа Кенига  $K(H)$  строим матрицу инцидентности  $B = [b_{ij}]_{n \times m}$ , где: коэффициент  $b_{ij}$  равен 1, если  $d_i \in y_j$  и 0 в противном случае.

$$B = \begin{matrix} & d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 & d_6 & d_7 & d_8 & d_9 & d_{10} & d_{11} & d_{12} & S \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

В матрице  $B$  суммируем ее коэффициенты  $b_{ij}$  по строкам и получаем вектор значений  $S = (6; 2; 2; 2; 2; 2; 2)$ , из которого видно, что наибольший объем содержимого множества  $D = \{d_i, i = \overline{1,12}\}$ ,  $|D| = 12$ , являющийся основным учебным материалом (ограничен ребром  $y_1$ ), может потенциально изучить каждый обучающийся, что составляет  $P = \left(\frac{6}{12}\right) \cdot 100\% = 50\%$ , где 12 соответствует 100% объема изучаемого материала.

Для достижения более качественного результата АО необходимо формировать и использовать взвешенный граф, у которого ребра имеют свои веса, отражающие степень информационной связности между изучаемыми дисциплинами и обучающимися, что позволяет более точно оценить уровень усвоения учебного материала и гибко скорректировать ПАО.

В данной работе для решения задачи эффективной организации системы АО предложено использовать системный подход, реализуемый на основе использования ГГМ, АОТ и СИТ.

Исходя из вышеизложенного, с точки зрения системного подхода, в работе [13] предложена структура организации системы АЭО для эффективного, дифференцированного обучения студентов с особыми потребностями.

Применение такого подхода позволяет наиболее полно проявить каждому обучающемуся свои индивидуальные способности и, тем самым, достаточно глубоко и всесторонне усвоить изучаемый материал.

Одним из важных аспектов анализа и организации ПАО является учет влияния уровня усвоения, возможности запоминания, сохранения и воспроизведения изучаемой информации.

В результате проведённых исследований получены:

графовые модели организации ПАО студентов с особыми потребностями;

алгоритм реализации ГГМ, обладающей гибкостью и адаптивностью для успешного усвоения учебного материала студентами;

алгоритм определения группы АОТ с целью выбора специальных дисциплин для их эффективного изучения разными категориями обучающихся.

#### Литература

1. Методические рекомендации по обучению студентов-инвалидов и студентов с ОВЗ /под ред. О.А. Козыревой: учеб. пособие для преподавателей КГПУ им. В.П. Астафьева, работающих со студентами-инвалидами и студентами с ОВЗ.– КГПУ, 2015.– 93 с.

2. Захаров, С.Н. Технологии профессионального образования инвалидов с нарушением слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата: методические рекомендации/С.Н.Захаров: Ханты-Мансийск : Институт развития образования, 2016. – 96 с.

3. 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.

4. Павлючик, Ю.С. Оценка эффективности системы адаптивного электронного обучения / Ю.С. Павлючик, Ю.А. Скудняков // Информационные системы и технологии ИСТ-2018: материалы XXIV междунар. науч.-технич. конф., Нижний Новгород, 2018 г. / Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – С. 817–821.

5. Практическая андрагогика. Методическое пособие. Книга 1. Современные адаптивные системы и технологии образования взрослых / Под ред. д.п.н., проф. В.И. Подобеда, д.п.н., проф. А.Е.Марона. – СПб.: ГНУ «ИОВ РАО», 2003. – 406 с.

6. Адаптивное обучение взрослых: дидактический и методический аспекты / Под ред. Т.В.Корнер. – СПб.: ИОВ РАО, 2003. –120 с.

7. Марон, А.Е. Исследование адаптивных систем образования взрослых / А.Е.Марон, Л.Ю.Монахова // Теория и практика модернизации отечественного образования РАО. Академические чтения. – СПб., 2002. – С. 177–181.

8. Современные адаптивные системы образования взрослых / Под ред. В.И.Подобеда, А.Е.Марона.– СПб.: ИОВРАО, 2002. – 152 с.

9. Соколов, В.И. Взаимодействие субъектов деятельности в адаптивной образовательной среде / В.И. Соколов // Развитие научных школ в исследовании образования взрослых: мат-лы науч.конф.. 30 мая 2001 г. – СПб.: ИОВ РАО, 2001. – С.104–108.

10. Педагогика и психология инклюзивного образования: учебное пособие / Д.З. Ахметова, З.Г. Нигматов, Т.А. Челнокова, Г.В. Юсупова и др.; под ред. Д.З. Ахметовой.– Казань: Изд-во «Познание» Института экономики, управления и права, 2013. – 204 с.

11. Глузман, Ю.В. Теория и практика инклюзивного образования в вузе: отечественный и зарубежный опыт : монография / Ю. В. Глузман. – Симферополь :Ариал, 2019. – 244 с.

12. Михальчи, Е.В. Обучение студентов с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью в системе высшего образования: методическое пособие / Е. В. Михальчи. – М. : ИНФРА–М, 2020. – 152 с.

13. Скудняков, Ю.А. Один из подходов организации обучения слабовидящих студентов на основе применения информационных технологий / Ю.А. Скудняков, И.И. Шпак, А.А. Охрименко // Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями: Материалы III Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 5 декабря 2019 г. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 104–107.

#### **APPLICATION OF GRAPH MODELS FOR ADAPTIVE LEARNING STUDENTS WITH SPECIAL NEEDS**

Skudnyakov Y.A., Shpak I.I.

*IIT BSUIR, Minsk, Republic of Belarus*

#### IV МНПК «Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями»

To increase the effectiveness of adaptive learning of students with special needs, graph models have been developed that have visibility, compactness of the matrix representation form and the possibility of their computer processing. A universal hypergraphic model and an algorithm for its implementation have been developed, the use of which makes it possible to organize a flexible process of adaptive learning of students with different capabilities.

Keywords: graph models; students with special needs; adaptive educational technologies; modern information technologies; algorithm.