

КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИ ТИПОВЫХ СЦЕНАРИЕВ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНИНГА

Соловов Александр Васильевич, Меньшикова Анастасия Александровна

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Аннотация: В статье проводится системно-дидактический анализ когнитивных моделей компьютерного тренинга. Рассмотрены три варианта когнитивных моделей в виде знаковых и взвешенных ориентированных графов (орграфов). В качестве базовых параметров компьютерного тренинга (вершин орграфов) используются количество вопросов-упражнений, количество верных и неверных ответов, уровень помощи, уровень способностей учащихся и уровень их утомления, объем и сложность изучаемого учебного материала, уровень обученности. Даны рекомендации по применению когнитивных моделей компьютерного тренинга для проектирования и исследования компьютерных обучающих программ и в качестве интеллектуальных средств их управления.

Ключевые слова: когнитивные модели, когнитивное моделирование, компьютерный тренинг, компьютерные обучающие программы, ориентированные графы, орграфы, когнитивные карты, компьютерный трекинг.

Когнитивное моделирование определяют как поиск, в том числе с применением компьютера, наиболее эффективных управлеченческих решений и/или сценариев развития событий в слабо структурированных ситуациях. Методология когнитивного моделирования была предложена в работе [1], где основой этой методологии является понятие когнитивной карты [2]. Когнитивная карта ситуации представляет собой взвешенный ориентированный граф (орграф), в котором вершины взаимнооднозначно соответствуют ядру базисных факторов исследуемого процесса [3]. В последние годы когнитивное моделирование начинают применять для исследования процессов в образовании [4-12]. Однако во многих таких исследованиях рассматривают, преимущественно, когнитивные модели организационных аспектов в образовании. В то время, как когнитивные модели компьютерного обучения, ныне особо актуальные в связи с применением искусственного интеллекта (ИИ) в обучении, обсуждаются явно недостаточно [13]. И это один из важных факторов, тормозящих применение ИИ в системах электронного обучения [14, 15].

В сценариях КТ можно выделить четыре основных шага (рис. 1, а):

- 1) предъявление учащемуся упражнений по отдельному учебному элементу или совокупности учебных элементов, с которыми учащийся познакомился в ходе предшествующего просмотра теории;
- 2) выполнение учащимся этих упражнений;
- 3) компьютерная оценка результатов выполнения каждого упражнения;
- 4) оказание учащемуся необходимой помощи в процессе выполнения каждого упражнения – внешние и внутренние обратные связи (ОС) [13].

Рассмотрим когнитивную карту процесса КТ в виде орграфа (рис. 1, б), в котором в качестве вершин представлены следующие базовые факторы КТ:

- В – количество вопросов или упражнений, которые получает учащийся для усвоения какой-либо порции учебной информации;
- УО – уровень обученности;
- П – уровень помощи.



Рисунок 1 – Модели типового сценария компьютерного тренинга:
а – сценарная схема; б – когнитивная карта

Уровень обученности (вершина УО) будем рассматривать в интервале [0,1]. Несмотря на многообразие способов оценки уровня обученности, суть многих из них сводится к измерению доли от некоего идеального значения критерия, выбранного для характеристики обученности.

Уровень помощи (вершина П) может быть различным. В зависимости от степени полноты помощи величину П также удобно представлять в интервале [0,1]. Здесь 0 – это отсутствие помощи; 1 – полное решение упражнения с разбором и обоснованием.

Связи (дуги) между вершинами орграфа определяют компоненты вектора

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6).$$

Знаковый орграф КТ. Простейший вариант представленной выше когнитивный карты (см. рис. 1, б) – знаковый орграф, в котором веса дуг имеют значения +1 или -1. В основу такой модели положены следующие дидактические предположения о взаимном влиянии переменных процесса КТ (вершин орграфа) друг на друга. Увеличение числа вопросов-упражнений в ходе обучения ведет к повышению уровня обученности (дуга (В, УО) имеет знак «+») и уменьшению помощи, оказываемой в процессе выполнения упражнений (дуга (В, П) имеет знак «-»). Увеличение уровня обученности ведет к уменьшению количества упражнений и уменьшению уровня помощи (дуги (УО, В) и (УО, П) имеют знак «-»). Увеличение помощи ведет к уменьшению количества упражнений и повышению уровня обученности (соответственно дуга (П, В) имеет знак «+», а дуга (П, УО) – знак «-»). Таким образом вектор $\mathbf{X} = (-1, -1, +1, -1, -1, -1)$.

Заметим, что даже в такой простой модели КТ не все указанные выше предположения о взаимном влиянии различных переменных являются очевидными и однозначными. Так, характер влияния помощи на уровень обученности может быть противоположным, исходя из предположения, что выполнение упражнений с помощью (не самостоятельно) вовсе не способствует росту уровня обученности, а, наоборот, уменьшает его. В этом случае использование помощи можно рассматривать как аналог функции штрафа, и ее увеличение влечет за собой снижение уровня обученности и повышение количества вопросов-упражнений. Приняв такое предположение, необходимо в знаковом орграфе сменить знаки дуг (П, УО) и (П, В) на противоположные.

Модель КТ в виде знакового орграфа обладает высокой степенью наглядности, удобна для обсуждения и коллективного анализа, позволяет работать с ней исследователям с различной, даже минимальной математической подготовкой. Однако модель КТ в виде знакового орграфа предполагает все воздействия переменных (вершин) друг на друга одинаковыми по силе, поскольку величина веса каждой дуги равна единице. Знаковый орграф можно трактовать как структурную модель процесса КТ.

Взвешенный орграф КТ. Более точную, параметрическую модель можно построить, приписывая дугам орграфа различные числовые значения (веса), что приводит к взвешенному орграфу. Такой вес интерпретируется как относительная сила воздействия и может быть положительным (для усиливающих воздействий) или отрицательным (для ослабляющих воздействий).

Преобразуем рассмотренный выше знаковый орграф КТ во взвешенный орграф, веса которого определим на основе эвристических предположений об общих закономерностях процесса КТ.

Дуга (B, YO), ее вес 0,25. С увеличением числа вопросов-упражнений уровень обученности должен возрастать. По рекомендациям [16] для усвоения одного учебного элемента до величины $YO \approx 0.7$ (после чего можно прекращать обучение) учащемуся необходимо выполнить 2-5 упражнений. Исходя из среднего значения (3 упражнения), предположим, что выполнение одного упражнения ведет к увеличению YO на величину $0,25$ ($0,7/3 \approx 0,25$).

Дуга (B, П), ее вес 0,3. С ростом числа упражнений помошь должна уменьшаться. Предположим, что после выполнения 3 упражнений, когда в соответствии с предыдущим предположением уровень обученности возрастет до 0,7 и, в соответствии с [16], учащийся будет уже способен корректировать свою деятельность самостоятельно, помошь необходимо уменьшить до минимального значения, близкого к нулю. Следовательно, уменьшение помоши после каждого упражнения приблизительно должно составлять $1/3 \approx 0,3$.

Дуги (YO, B), (YO, П), их вес -1. Увеличение уровня обученности должно вести к уменьшению уровня помоши, следовательно, дуги (YO, B) и (YO, П) будут иметь знак «-». Каких-либо дополнительных соображений на предварительном этапе разработки данной модели не существует, поэтому оставляем ранее принятые в знаковом орграфе единичные величины этих дуг.

Дуга (П, YO), ее вес +1. Положительный знак этой дуги выбран из предположения, что увеличение помоши ведет к увеличению уровня обученности. Заметим, что корректность этого предположения уже подвергалась сомнению выше при выборе знака данной дуги в знаковом орграфе. Величина дуги была принята равной единице, исходя из предположения, что при максимально возможной помоши $\Pi = 1$ (например, при предъявлении учащемуся полного разбора выполняемого упражнения или всей теории по заданному вопросу) величина уровня обученности должна возрастать до значения $YO=1$.

Дуга (П, B), ее вес -0,1. Увеличение помоши должно уменьшать число вопросов-упражнений. Это влияние опосредованно учитывается и через контур (П, YO, B), поэтому, оставляя отрицательным знак дуги (П, B), ее величину примем малой, равной 0,1.

Отсюда вектор взвешенного орграфа КТ $X = (0.25, 0.3, -1, -1, -0.1, -1)$.

Динамика изменений весов когнитивной карты КТ. Рассмотренные выше орграфы КТ (знаковый и взвешенный) являются статическими, в то время как реальный процесс КТ является динамическим. Для более глубокого анализа модели КТ в виде взвешенного орграфа можно использовать алгоритм импульсного процесса влияния изменений значения одной вершины на величины других вершин, предложенный в [12]. Суть этого алгоритма заключается в

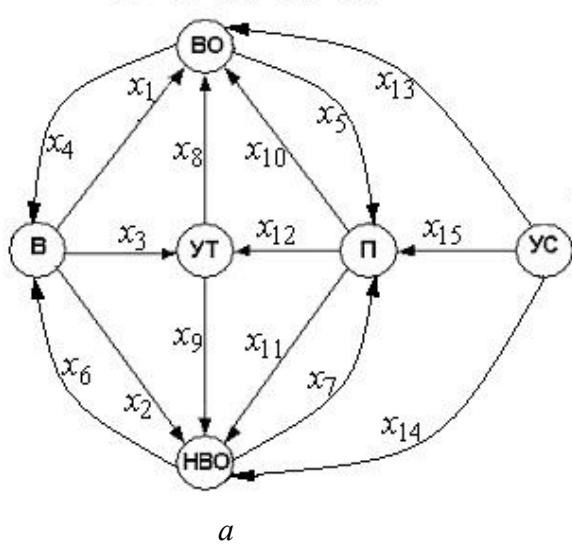
тому, что в некоторую вершину анализируемого графа вносится внешнее возмущение (увеличивается или уменьшается ее величина). Например, в вершину В (см. рис. 1, б) добавляется некоторое количество вопросов-упражнений. Далее рассматривается распространение этого начального импульса и определяются значения вершин УО и П.

Импульсный процесс в орграфе может быть устойчивым и неустойчивым. В устойчивых импульсных процессах значения вершин выходят на асимптоту. В неустойчивых процессах возмущение, вносимое в одну из вершин, приводит либо к возрастающим колебаниям величин вершин орграфа, либо к неограниченному увеличению (или уменьшению) этих величин. Неустойчивость импульсных процессов в орграфе предупреждает о том, что выбранная модель является неработоспособной (она не позволяет прогнозировать результаты процесса КТ), и необходимо изменить ее структуру либо параметры – веса дуг орграфа.

Исследования параметров (весов дуг) орграфа, представляющего собой модель процесса КТ, показали, что подобрать эти параметры так, чтобы орграф был импульсно устойчив и имел высокую скорость сходимости, чрезвычайно затруднительно даже опытному эксперту. В работе [12] предложен подход к подбору параметров устойчивых орграфов, основанный на оптимизации значений весов дуг орграфов. При этом решение задачи может быть многоэкстремальным, что позволяет использовать для исследования различные когнитивные модели.

Более детальные когнитивные модели КТ. Эти модели включают более широкий набор базовых факторов (вершин орграфа) КТ (рис.2). В первой модели (см. рис. 2, а) к рассмотренным выше базовым факторам В (количество вопросов-упражнений), П (помощь), добавлены вершины ВО (количество верных ответов), НВО (количество неверных ответов), УС (уровень способностей учащихся), УТ (уровень утомления учащихся). Во второй модели (см. рис. 2, б) к базовым факторам В, П, УО, добавлены вершины ОМ (объем изучаемого материала, СМ (сложность материала), УС (уровень способностей учащихся).

$$X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, \\ x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15})$$



$$X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, \\ x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15})$$

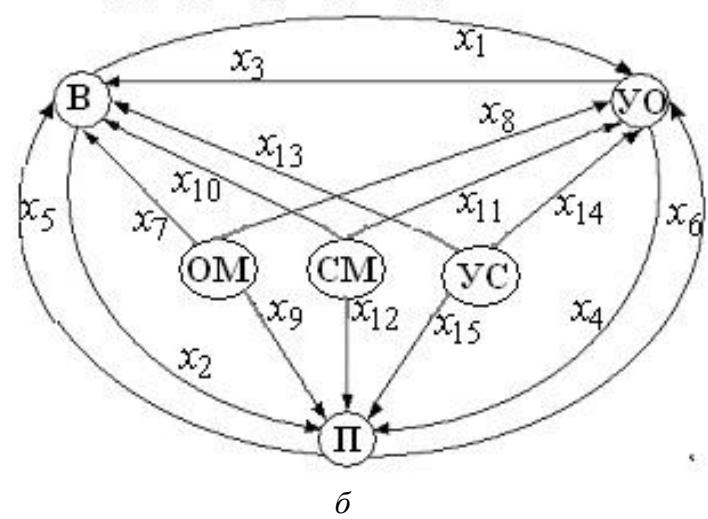


Рисунок 2 – Более детальные когнитивные модели КТ

Рекомендации по применению. Когнитивные модели КТ могут рассматриваться как прескриптивные и дескриптивные. Прескриптивные модели описывают, каким должен быть процесс КТ. Они могут быть полезны при разработке компьютерных обучающих программ (КОП). Исследование таких моделей, экспертный анализ и оптимизация их параметров позволяют более обоснованно подходить к проектированию процессов КТ, планированию различных видов помощи, формулировке требований к структуре учебного материала, определению количества и типов упражнений для его усвоения.

Дескриптивные модели описывают уже существующие процессы КТ и могут использоваться, например, для анализа их эффективности. Модели данного типа могут встраиваться непосредственно в КОП и использоваться как средства интеллектуального управления. Так, в модели, показанной на рис. 2, б, величины вершин ОМ, СМ можно задавать как характеристики конкретной порции учебного материала при его подготовке для КОП, а величины УС и исходное значение УО определять в ходе предварительного (входного) тестирования каждого учащегося. Исходная величина П – это возможный максимум помощи, предусмотренной в КОП. Все эти величины, как уже отмечалось ранее, нормируются в пределах [0, 1]. Имея эти данные, система управления КОП на основе встроенной модели КТ может подобрать для каждого обучающегося минимально необходимое количество упражнений для достижения требуемого уровня обученности по каждой порции учебной информации и дать прогноз требуемого времени (исходя из общего количества упражнений) для освоения всего объема учебного материала.

Процесс построения моделей КТ – определение наиболее значимых факторов (вершин орграфа) и связей между ними), выбор исходных параметров модели и ограничений на их величины, исследование устойчивости и оптимизация параметров, – вся эта деятельность требует не только высокой дидактической квалификации, но и способствует ее интенсивному росту. Следовательно, компьютерные программы, реализующие рассмотренные алгоритмы, могут использоваться не только как средства исследования, проектирования и управления КОП, но и как средства педагогического тренинга при подготовке и переподготовке преподавательских кадров в сфере электронного обучения.

Библиографический список

1. Axelrod, R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites / R. Axelrod // Princeton: University Press, 1976.
2. Tolman, E.C. Cognitive maps in rats and men / Е.С. Толман // Psychological Review. – 1948. – Vol. 55. – № 4. – P. 189-208.
3. Максимов, В.И., Корноушенко Е.К., Качаев С.В. Когнитивные технологии для поддержки принятия управлеченческих решений / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев // Информационное общество. – 1999. – №2. – С. 50-54. Текст электронный. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9117914> (дата обращения: 15.01.2024).
4. Горелова, Г.В. Исследование проблем системы образования. Когнитивное моделирование / Г.В. Горелова // Образовательные технологии. – 2018. – № 3. – С. 60-75. – Текст непосредственный.

5. Сиговцев, Г.С. Разработка электронного учебного курса с использованием когнитивной карты как модели содержания / Г.С. Сиговцев, И.О. Семенов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – № 3. – С. 97-106. – Текст непосредственный.
6. Макарова, Н.В. Методика проектирования когнитивных карт уроков / Н.В. Макарова, К.В. Шапиро // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2020. – № 198. – С. 66-74. – DOI 10.33910/1992-6464-2020-198-66-74. – Текст непосредственный.
7. Камалеева, А.Р. Теоретическое обоснование процесса когнитивного моделирования педагогических ситуаций / А.Р. Камалеева, С.Ю. Грузкова // Самарский научный вестник. – 2018. – Т.7. – № 2. – С. 245-247. – Текст непосредственный.
8. Uglev, V.A. Cognitive Maps of Knowledge Diagnosis as an Element of a Digital Educational Footprint and a Copyright Object / V.A. Uglev, K.M. Zakharin, R.A. Baryshev // Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems : Proceedings of 4th Computational Methods in Systems and Software (CoMeSySo). – 2020. – Vsetin. – 14–16 октября 2020 года. – Springer Nature Switzerland. – 2020. – Р. 349-357. – DOI 10.1007/978-3-030-63319-6_31. – Текст: непосредственный.
9. Гречко, М.В. Когнитивное моделирование как инструмент адаптивного управления качеством образования / М.В. Гречко // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13. – № 4(349). – С. 725-735. – DOI 10.24891/ni.13.4.725. – Текст: непосредственный.
- 10.Брусиловский, П.Л. Интеллектуальные обучающие системы / П.Л. Брусиловский // Информатика. Научно-технический сборник. Серия Информационные технологии. Средства и системы. – Вып. 2. – 1990. – С. 3-22. – Текст: непосредственный.
- 11.Соловов, А.В. Моделирование структуры электронных образовательных ресурсов / А. В. Соловов, А. А. Меньшикова // Информационные технологии. – 2007. – № 3. – С. 43-48. – Текст: непосредственный.
- 12.Соловов, А.В. Дискретные математические модели в исследовании процессов автоматизированного обучения / А. В. Соловов, А. А. Меньшикова // Информационные технологии. – 2001. – № 12. – С. 43-48. – Текст: непосредственный.
- 13.Соловов, А.В. «Золотые клетки» виртуальных учебных сред / А.В. Соловов // Высшее образование в России. – 2012. – № 11. – С. 133-137. – Текст: непосредственный.
- 14.Как применять ChatGPT и его аналоги в образовании: большой обзор от экспертов. – Текст электронный – URL: <https://skillbox.ru/media/education/kak-primenyat-chatgpt-i-ego-analogi-v-obrazovaniii-bolshoy-obzor-ot-ekspertov/> (дата обращения: 15.01.2024).
- 15.ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. – Текст электронный. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1041608023000195> (дата обращения: 15.01.2024).
- 16.Беспалько, В.П. Основы теории педагогических систем / В.П. Беспалько // Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. – 1977. – 303 с. Текст непосредственный.