

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Маренко В.А.¹, Ложников А.Е.²

¹*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск;*

²*Омский государственный технический университет, Омск*

Ключевые слова: когнитивная модель, самоорганизация, саморегуляция, учебная деятельность, знаковый граф, результативность.

Аннотация. Учебная деятельность студента рассматривается в виде сложной системы и ее подсистем с эмерджентными свойствами. В рамках темы построены когнитивные модели, проведен симплициальный анализ и импульсное моделирование. Показано, что включение в структуру когнитивной модели подсистем приводит к увеличению значений целевого фактора.

SYSTEMATIC ANALYSIS OF STUDENT LEARNING ACTIVITIES USING COGNITIVE MODELING

Marenko V.A.¹, Lozhnikov A.E.²

¹*Sobolev Institute of Mathematics of SB of RAS, Novosibirsk;*

²*Omsk State Technical University, Omsk*

Keywords: cognitive model, self-organization, self-regulation, learning activity, signed graph, performance.

Abstract. Student learning is viewed as a complex system and its subsystems with emergent properties. This topic includes constructing cognitive models, conducting simplicial analysis, and conducting impulse response modeling. It is shown that incorporating subsystems into the cognitive model leads to increased target factor values.

Введение. Цель работы – моделирование результативности учебной деятельности студента, рассматриваемой в виде сложной системы и ее подсистем с эмерджентными свойствами. Для достижения поставленной цели с применением междисциплинарного подхода реализованы следующие задачи: проведен обзор научных публикаций; построены варианты когнитивных моделей; проведен симплициальный анализ и импульсное моделирование; сформулированы выводы.

Обзор научных публикаций. Важнейшими компонентами учебной деятельности являются процессы, обозначаемые понятиями «самоорганизация» и «саморегуляция». Самоорганизация представляет собой комплекс самостоятельных действий учащегося по созданию внешних условий для достижения учебных целей, который обеспечивает продуктивность работы учащихся, в том числе и без постоянного внешнего контроля. Процесс характеризуется личностной зрелостью, ответственностью, позитивным мышлением и развитой волевой сферой [1]. В рамках компетентностного и ресурсного подходов саморегуляция представляется системой психологических средств осознанного выдвижения целей и управления их достижением. В обучении специалисты предлагают использовать новые инновационные технологии для того, чтобы студенты могли эффективно овладевать компонентами самоорганизации умственного труда и саморегуляции психических состояний [2].

Как показывает практика, оба понятия (самоорганизация и саморегуляция) характеризуют направленность на достижение учебных целей, служат одной главной задаче – эффективному усвоению знаний и приобретению навыков. А использование потенциала интерактивных методов, активизирующих процессы социального взаимодействия в коллективе обучающихся, ускоряют переход к самообучению [3]. Зарубежные исследователи предлагают рассматривать учебную деятельность как сложную систему, состоящую из подсистем, определяемых понятиями «самоорганизация» и «саморегуляция». Эти понятия имеют метапредметную направленность, так как характеризуют надпрофессиональные навыки. Это не конкретные знания по математике или истории, а навыки, которые помогают учиться чему угодно, адаптироваться и развиваться личности, создавать порядок и структуру в информационной среде [4].

Пример. В процессе самоорганизации студент составляет план подготовки к экзамену (в какие дни, какие темы учить, выделяет время для решения задач). А саморегуляция в процессе учебы проявляется в том, что на каком-то этапе студент понимает, что не усваивает тему по предлагаемому учебнику. Он оценивает проблему, меняет стратегию с целью поиска такой информации, которая способствовала бы пониманию. Проверяет себя на предмет усвоения учебного материала, для чего выполняет практические задания. Если учебный материал усвоен, чувствует удовлетворение от проделанной работы и движется дальше [5].

Между процессами самоорганизации и саморегуляции имеются существенные различия (табл. 1).

Табл. 1. Различия между понятиями «самоорганизация» и «саморегуляция»

Понятия	Основной вопрос	Суть процесса	Фокус внимания	Временной аспект	Ключевые действия	Результат
Самоорганизация	«что и когда делать?»	Создание структуры и условий для деятельности	Внешний: план, сроки, ресурсы	До начала работы (предварительный этап)	- планирование, - организация рабочего места, - распределение времени, - поиск ресурсов	Схема деятельности (план, график)
Саморегуляция	«как и почему я это делаю?»	Управление процессом деятельности и внутренними состояниями	Внутренний: мысли, стратегии, мотивация, эмоции, понимание	До, во время и после деятельности (непрерывный процесс)	- самоконтроль, - самооценка, - коррекция действий, - управление мотивацией и эмоциями	Достигнутая цель через гибкое управление процессом

Анализ информации в таблице показывает, что ресурс самоорганизации позволяет создавать условия для учебы, обеспечивая эффективность усвоения учебного материала, а саморегуляция, как комплекс психологических средств, способствует выдвижению и достижению поставленных целей. В результате освоенного процесса у учащихся формируются способности понимать и принимать проблему, планировать ее решение, оценивать и контролировать действия. С этой точки зрения, процесс обучения создает условия для самостоятельной деятельности по формированию интеллекта личности [6].

Построение когнитивных моделей. Обзор научных публикаций и опрос экспертов способствовал выявлению факторов, из которых формируется структура

когнитивных моделей «Результативность учебной деятельности» студента. Модели построены в виде знаковых графов, вершинами которых являются выявленные факторы, а дугами – прямые или обратные взаимосвязи между ними, получаемые в ходе экспертных рассуждений. Наиболее значимыми факторами успешной учебной деятельности являются факторы, характеризующиеся понятиями «самоорганизация» и «саморегуляция», а так же – их поэлементная декомпозиция. Построение когнитивных моделей осуществлено на двух уровнях иерархии (рис. 1, 2).

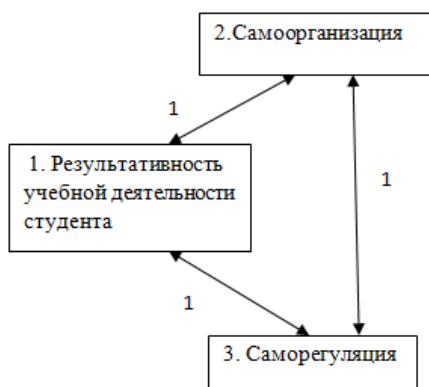


Рис. 1. Когнитивная модель первого уровня иерархии

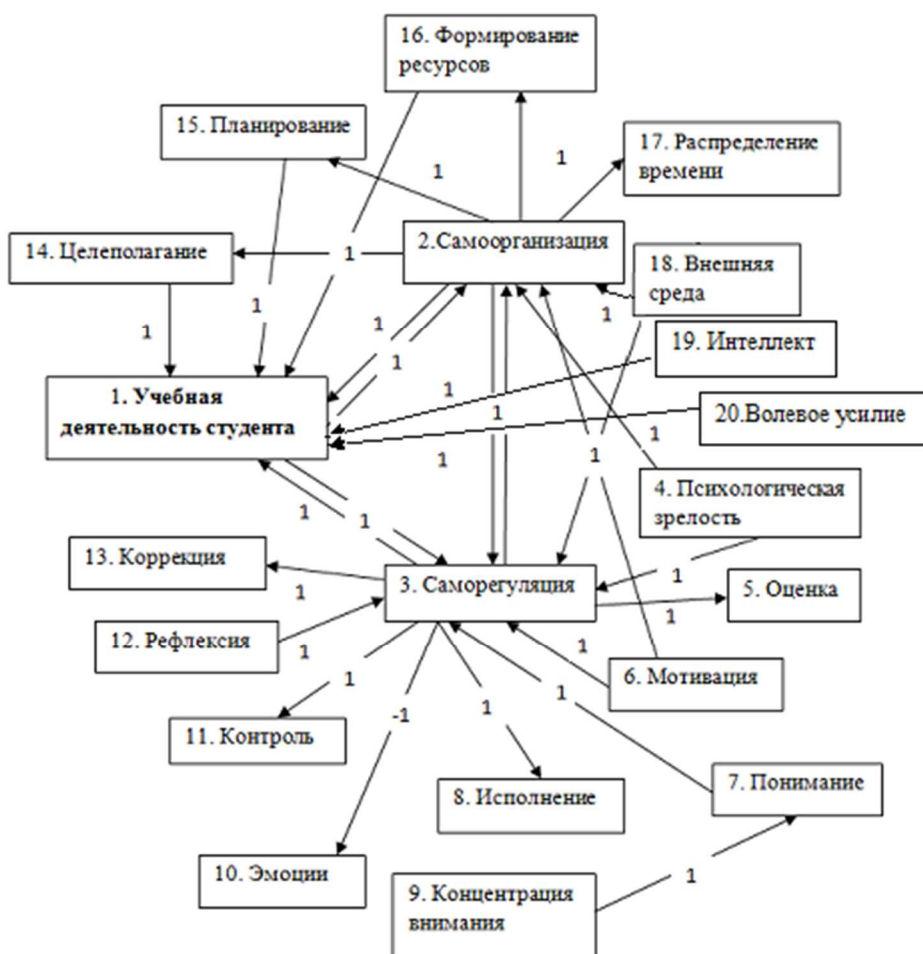


Рис. 2. Когнитивная модель второго уровня иерархии

Базовые факторы (целевой и управляющие) располагаются в вершинах знакового графа. Взаимосвязи между ними представляют собой прямые или обратные причинно-следственные отношения. В нашем исследовании целевым

фактором является «результативность учебной деятельности» студента, остальные – управляющие факторы. На рисунке 1 представлена упрощенная когнитивная модель «Результативность учебной деятельности» студента, представляющая первый уровень иерархии, состоящей из двух подсистем, как агрегирующих факторов.

Когнитивная модель второго уровня иерархии строится путем замены подсистем (фактор 2 и 3) их элементами (факторы с 4 по 20) с включением в структуру модели и самих подсистем как самостоятельных факторов (рис. 2).

Включение подсистем в структуру детализированной когнитивной модели второго уровня иерархии объясняется тем, что каждая подсистема – это не просто сумма элементов. Она обладает эмерджентным свойством, которое не присуще ни одному из ее элементов в отдельности. Эмерджентные свойства подсистем сами становятся факторами, значительно влияющими на элементы подсистем и на саму систему, выступающую в качестве целевого фактора. Для формулирования взаимовлияния факторов использованы экспертные рассуждения. Примеры: «если «саморегуляция» у обучаемого на высоком уровне, то проявление «эмоций» на низком уровне» (обратная связь). «Если личностное свойство «рефлексия» у студента хорошо развито, то факторы «контроль» и «оценка» учебной работы так же хорошо развиты» (прямая связь).

Результаты симплициального анализа. Для выявления неявных связей между факторами реализован симплициальный анализ, оперируемый понятиями симплекс, комплекс, матрица инцидентности и другими терминами. В нашем исследовании симплициальные комплексы $K_X(Y, R)$ и $K_Y(X, R)$ изучались с использованием матрицы инцидентности, содержащей двадцать симплексов с разной связностью, обозначенных на рисунке 2 цифрами от 1 до 20. Анализ начинался с наибольшей связности и заканчивался связностью равной нулю.

Первый и третий столбцы матрицы инцидентности содержит наибольшее число элементов (семь). Наибольшая связность комплекса $K_X(Y, R)$ $q = 6$. На этом уровне связности имеется два симплекса $\{x_1\}$ и $\{x_3\}$, которые соответствуют факторам «результативность учебной деятельности» и «саморегуляция». Далее понижается уровень связности на единицу, выявляются соответствующие симплексы и проверяются условия их объединения. Результаты q -связности для комплекса $K_X(Y, R)$ показали, что симплексы с наибольшим числом элементов – это факторы x_1 – «результативность учебной деятельности» и x_3 – «саморегуляция». На уровне связности $q = 1$ имеется связный компонент $\{x_1 x_8\}$, который показывает, что на фактор x_1 – «результативность учебной деятельности» значительное влияние оказывает фактор x_8 – «исполнение» как процесс выполнения учебных обязанностей.

Результаты q -связности для комплекса $K_Y(X, R)$ показали, что на первом уровне связности имеется три связных компонента. Связность компонента $\{x_3 x_{20}\}$ показывает, что на фактор x_3 – «саморегуляция» основное влияние оказывает фактор x_{20} – «волевое усилие» как процесс сознательного преодоления затруднений студентом на пути к достижению цели. Связность компонента $\{x_1 x_4 x_6\}$ подтверждает, что на фактор x_1 – «результативность учебной деятельности» большое влияние оказывают факторы x_4 – «психологическая зрелость» личности и x_6 «мотивация» как внутренняя сила обучаемого, направленная на увеличение

продуктивности деятельности. Связность компонента $\{x_7 x_{12}\}$ свидетельствует, что на фактор x_7 – «понимание» большое влияние оказывает фактор x_{12} – «рефлексия» как процесс самоанализа.

Далее проводится серия имитационных экспериментов по формированию вариантов «результативности учебной деятельности» студента при различных условиях, в рамках которых проверяется гипотеза о влиянии эмерджентности подсистем на целевой фактор при включении их в состав когнитивной модели.

Результаты импульсного моделирования. Имитационные эксперименты проведены с использованием авторского программного средства. Работа алгоритма программы заключается в том, что значение импульса $p_j(t)$, вносимого в одну из вершин графа, задается разностью значений параметров в вершинах графа в моменты времени t и $t + 1$: $p_j(t + 1) = v_i(t + 1) - v_i(t)$.

$$v_i(t + 1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^n \text{sgn}(e_j, e_i) p_j(t), \text{ при } t > 0, \text{ где}$$

$$\text{sgn}(e_j, e_i) = \begin{cases} 1, & \text{если дуга } (e_j, e_i) \text{ положительна,} \\ -1, & \text{если дуга } (e_j, e_i) \text{ отрицательна,} \\ 0, & \text{если дуга } (e_j, e_i) \text{ отсутствует.} \end{cases}$$

Внешний импульс $p_j^0(t)$ или изменение параметра в вершине графа v_i в момент времени t добавляется к значению параметра вершины v_i в момент времени $t + 1$. Таким образом, получается известная формула для импульсного процесса:

$$v_i(t + 1) = v_i(t) + p_j^0(t + 1) + \sum_{j=1}^n \text{sgn}(e_j, e_i) p_j(t).$$

Обозначив $p_j^0(0) = p_j(0)$ и значения дуг графа $\text{sgn}(e_j, e_i) = w(e_j, e_i)$ получаем уравнение: $v_i(t + 1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^n w(e_j, e_i) p_j(t)$,

а затем – систему конечно-разностных уравнений:

$$v_i(t + 1) - v_i(t) = p_i(t + 1),$$

$$p_i(t + 1) = \sum_{j=1}^n w(e_j, e_i) p_j(t).$$

Эта система используется для расчета значений в вершинах графа на нескольких шагах вычислительной процедуры. По полученным значениям целевой вершины (целевого фактора) осуществляется выбор лучшего варианта результативности учебной деятельности. Суть импульсного процесса состоит в том, что в одну или несколько вершин графа вносятся импульсы, которые оказывают воздействие на все вершины графа, в том числе на целевую вершину. На рисунках 3 и 4 ось абсцисс – шаги вычислительной процедуры. Ось ординат – значения факторов в условных единицах.

Примеры результатов имитационных экспериментов таковы.

Если внести импульсы по 1 условной единице (усл. ед.) во все управляющие факторы, то значение целевой вершины (фактора), обозначенной на всех рисунках пунктирной линией, устанавливается на уровне 7 усл. ед.

При условии увеличения значения импульса в фактор x_8 «исполнение», значение целевого фактора $x_1 = 8$ усл. ед. (рис. 3). При условии увеличения

значений импульсов в факторы x_8 и x_3 «саморегуляция» значение целевого фактора увеличивается и устанавливается на уровне $x_1 = 11$ усл. ед. (рис. 4).

При условии увеличения значения импульса в фактор x_{20} «волевое усилие» и x_{10} «эмоции», значение целевого фактора $x_1 = 12$ усл. ед. При условии увеличения значений импульсов в факторы x_{20} и x_2 «самоорганизация» значение целевого фактора увеличилось и установилось на уровне $x_1 = 15$ усл. ед. и т.д.

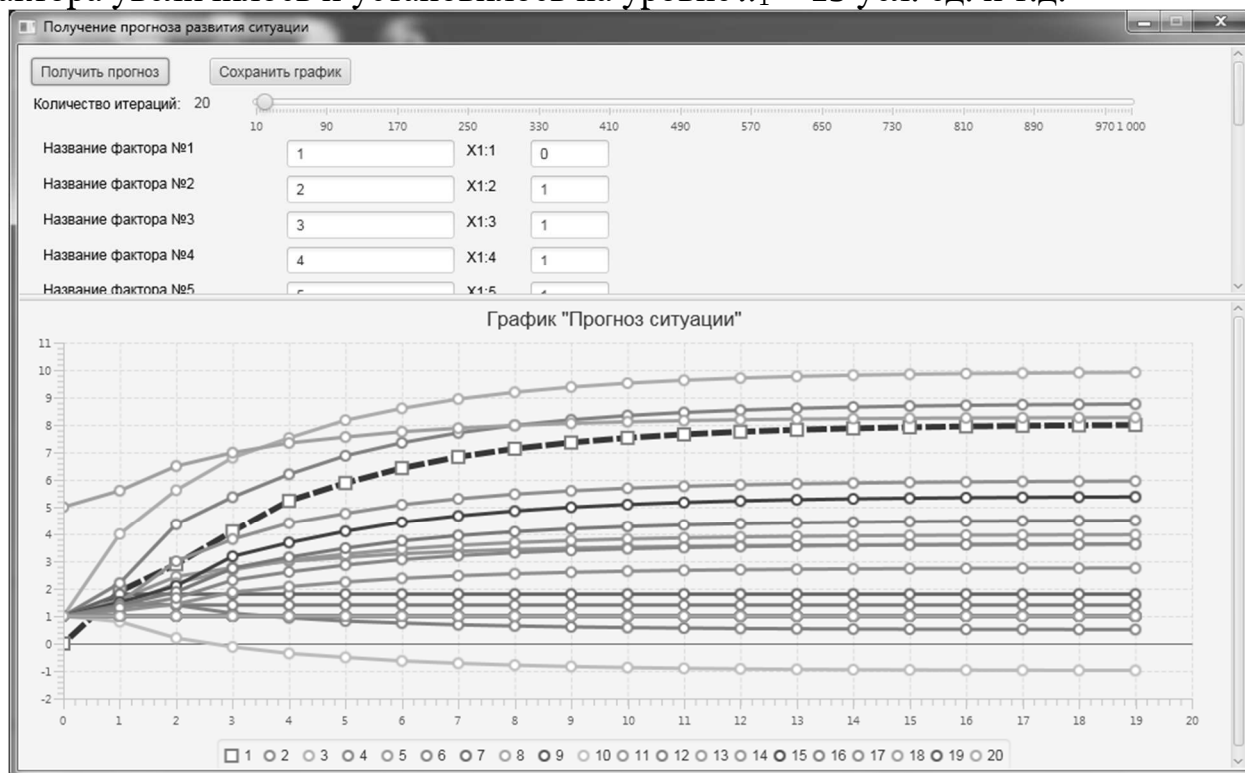


Рис. 3. Значение целевого фактора 8 усл. ед.

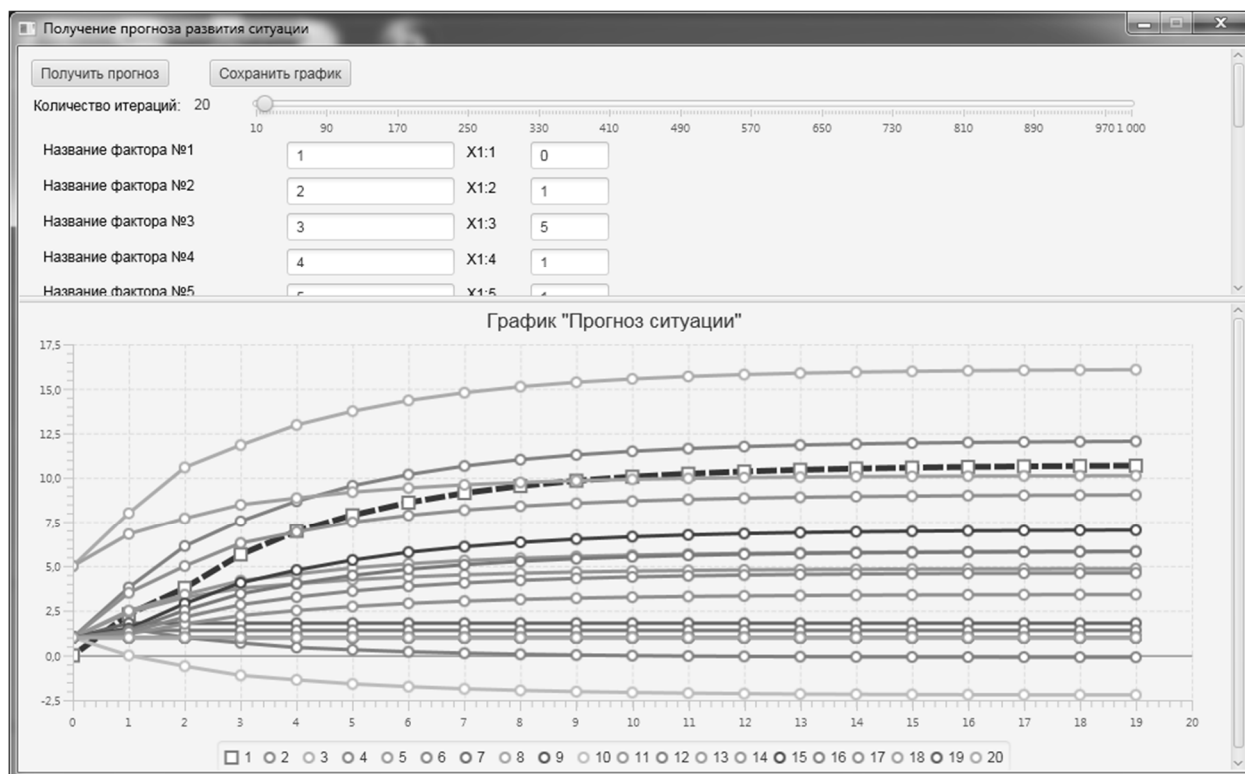


Рис. 4. Значение целевого фактора 11 усл. ед.

Таким образом, импульсное моделирование показало увеличение значений целевого фактора при условии увеличения импульсов в факторы, обозначенные подсистемами «саморегуляция» и «самоорганизация», которые обладают эмерджентными свойствами, отсутствующими у каждого элемента, входящего в состав подсистем по отдельности. Полученные результаты доказывают влияние эмерджентного свойства подсистем на целевой фактор когнитивной модели объекта исследования.

Заключение

Проведенное исследование позволяет утверждать, что самоорганизация и саморегуляция, будучи взаимосвязанными, представляют собой принципиально разные, но взаимодополняемые компоненты, направленные на увеличение результативности учебной деятельности. Самоорганизация задает рамки обучения, в то время как саморегуляция обеспечивает внутреннюю настройку этих рамок в процессе познания. В приведенном обзоре научных публикаций рассматривается понятие «учебная деятельность». Отличительной особенностью наших исследований является изучение понятия «результативность учебной деятельности», которое характеризуется целевой направленностью.

Симплициальный анализ детализированной когнитивной модели показал, что симплекс с наибольшим числом элементов – это фактор «саморегуляция», который рекомендуется учитывать в рамках улучшения образовательной деятельности, так как он характеризует способность студента мобилизовывать внутренние ресурсы для достижения поставленной цели. На фактор «результативность учебной деятельности» значительное влияние оказывают факторы «исполнение», «психологическая зрелость» личности и «мотивация», как психологический процесс, который управляет поведением человека, направленным на достижение целей.

Результаты импульсного моделирования доказывают, что включение в структуру когнитивной модели подсистем, обладающих эмерджентными свойствами, приводит к увеличению значений целевого фактора.

Новизна нашего исследования состоит в том, что нами, в отличие от работ других специалистов, применен междисциплинарный подход, который позволяет улучшать понимание проблемы в целом и получать дополнительную информацию об управляющих факторах и взаимосвязях между ними для повышения обоснованности принимаемых управленческих решений.

Благодарность. Выражаем благодарность экспертам – кандидатам педагогических наук Лучко О.Н. и Рыспаевой Ч.К. за полезные консультации.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2026-0024.

Список литературы

1. Котова С.С. Технологии самоорганизации и саморазвития. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2022. – 195 с.
2. Моросанова В.И. Осознанная саморегуляция как метаресурс достижения целей и разрешения проблем жизнедеятельности // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2021. – №1. – С. 4-37. – DOI: 10.11621/vsp.2021.01.01
3. Маренко В.А., Ложников А.Е. Когнитивные модели саморегулируемого обучения // Новые информационные технологии в образовании и науке. – 2025. – №2 (16). – С. 63-71.

4. Homyamyen P., Kulachai W., Kurniawati L., Khaowisade T., Thaiposri W. Key drivers of success in online learning for undergraduate students in logistics and supply chain management // Cogent Education. 2025, vol. 12(1). doi.org/10.1080/2331186X.2025.2500000.
5. Mostajeran Z., Kazemi M., Alimirzaie M., Asanjarani F. Career aspirations: a structural equation model analyzing the role of academic vitality and academic self-regulation // International Journal of Adolescence and Youth. 2025, vol. 30(1). doi.org/10.1080/02673843.2025.2559814.
6. Jazeel M.I.M., Nawastheen F.M., Sifani K.C.R., Ponniah K. Teachers roles in developing self-regulated learning strategies among students of Puttalam division in Sri Lanka // Journal of Critical Reviews. 2020, vol. 7(19), pp. 5076-5084.

Сведения об авторах:

Маренко Валентина Афанасьевна – с.н.с., к.т.н., доцент;

Ложников Алексей Евгеньевич – сотрудник кафедры Автоматизированные системы обработки информации и управления, магистрант.