

Научная статья

УДК 19.00.07

doi: 10.20323/1813-145X-2021-5-122-185-194

Перенос научения: подходы к определению и возможности применения в адаптивном обучении

Ольга Вадимовна Дятлова¹, **Игорь Александрович Эльман²**, **Роман Игоревич Кривоногов³**

¹Кандидат экономических наук, научный сотрудник ФГБНУ «Институт психологии РАН». 129366, г. Москва, ул. Ярославская, д. 13, стр 1

²Учитель математики ГБОУ «Школа № 218». 127434, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 5а

³Бакалавр кафедры математической физики, факультета вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова». 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 52, факультет ВМК

¹dyatlovaolga@gmail.com[✉], <https://orcid.org/0000-0002-4831-2594>

²igor.elman@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6349-7075>

³romansdidnotcrucify@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7555-4102>

Аннотация. Центральная задача нашей работы состоит в изучении переноса научения: каким образом приобретенный ранее опыт решения задач влияет на приобретение опыта решения новых задач. В данной статье нами проведен литературный обзор основных подходов к определению понятия «перенос научения» (transfer of learning) в психологической и педагогической литературе. Каждый подход описан с точки зрения парадигмы и методологии, которая отражает представления о характере процесса научения у субъекта. К каждому подходу дана оценка возможностей и ограничений его использования в адаптивном обучении. Приведены примеры того, как в литературе по адаптивному обучению, с использованием цифровых технологий реализованы те или иные задачи и измерения, связанные с научением и переносом научения. Основным выводом по литературному обзору состоит в том, что перенос не может претендовать на роль объяснительного конструкта, данное понятие обозначает феномен и задачу изучения влияния ранее приобретенного опыта на новый. Изучение переноса научения сводится к изучению научения в ситуации переноса.

Предложена собственная модель переноса научения и выдвинуты требования к возможным измеряемым цифровым следам. Новизна модели состоит в том, что для изучения переноса научения предлагается использовать системный подход и парадигму энактивизма по отношению к рассмотрению научения субъекта в терминах формирования индивидуального опыта, не прибегая при этом к классификациям типов задач или мыслительных процессов с позиции внешнего наблюдателя-эксперта, как это происходит практически во всех исследованиях. Исходя из предложенной модели выдвинуты методологические требования к тому, какие цифровые следы измерять и с какой позиции их изучать в рамках адаптивного обучения и проблемы переноса научения.

Ключевые слова: перенос, перенос по аналогии, научение, адаптивное обучение, дистанционное образование, системный подход, функциональная система

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ № 19-29-14115

Для цитирования: Дятлова О. В., Эльман И. А., Кривоногов Р. И. Перенос научения: подходы к определению и возможности применения в адаптивном обучении // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 5 (122). С. 185-194. <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-5-122-185-194>.

Original article

Transfer of learning: approaches to definition and applicability in adaptive learning

Olga V. Dyatlova¹, **Igor A. Elman**, **Roman I. Krivonogov³**

¹Candidate of economical sciences, researcher of the Institute of psychology of the Russian academy of sciences. 129366, Moscow, Yaroslavskaaya st., 13, building 1

²Teacher of mathematics, School № 218. 127434, Moscow, Dmitrovskoye highway, 5a

³Bachelor of the department of mathematical physics, faculty of computational mathematics and cybernetics, Lomonosov Moscow state university. 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1, building 52, Faculty of CMC

¹dyatlovaolga@gmail.com[✉], <https://orcid.org/0000-0002-4831-2594>

© Дятлова О. В., Эльман И. А., Кривоногов Р. И., 2021

²igor.elman@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6349-7075>

³romansdidnotcrucify@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7555-4102>

Abstract. The central problem of our work is to study the transfer of learning: how the previously acquired experience in solving problems affects the acquisition of experience in solving new problems. In this article, we have carried out a literary review of the main approaches to the definition of the «transfer of learning» concept in the psychological and pedagogical literature. Each approach is described from the point of view of the paradigm and methodology that underlies and reflects the idea of the nature of the learning process. For each approach, an assessment of the possibilities and limitations of its use in adaptive learning is given. Examples are given of how in the researches on adaptive learning, using digital technologies, certain tasks and measurements related to learning and learning transfer are implemented. The main conclusion from the literature review is that the transfer cannot claim to be an explanatory construct, this concept describes a phenomenon and the task of investigating the influence of previously acquired experience on a new one. The investigation of the transfer of learning is reduced to the investigation of learning in the situation of transfer.

We propose the own model of learning transfer and requirements for possible measurable digital traces are put forward. The novelty of the model is that the transfer of learning is observed within the framework of the systemic approach and the paradigm of enactivism, in terms of individual experience organization, without classification of types of tasks or thinking and reasoning processes from the perspective of an external observer-expert as it happens in the most studies.

Based on the proposed model, we put forward the methodological requirements in the framework of adaptive learning and the problem of learning transfer for what digital traces to measure and from what methodological view to investigate them.

Keywords: transfer, analogical transfer, learning, adaptive learning, distance education, systemic approach, functional system

The work was carried out with the support from RFFI grant № 19-29-14115

For citation: Dyatlova O. V., Elman I. A., Krivonogov R. I. Transfer of learning: approaches to definition and applicability in adaptive learning. *Yaroslavl pedagogical bulletin*. 2021;(5):185-194. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-5-122-185-194>.

Введение

Одна из основных задач современного адаптивного образования – задача конструирования индивидуальных образовательных траекторий – состоит в формировании модели обучающегося для использования адаптивных гиперсред [Brusilovsky, 2012], позволяющих создавать разную навигацию учебного материала и предъявлять каждому ученику учебный материал в оптимальном режиме в соответствии с его обучаемостью, приближая к достижению максимума цели обучения.

В частности, интерес представляет ситуация, когда субъект проходит обучение, предварительно приобретает некоторый опыт решения задач, знания и навыки, и мы хотим научиться предсказывать выполнение им контрольных заданий, при этом содержательно выявляя, какие задачи какого типа он сможет или не сможет выполнить в тот или иной момент времени. Для описания такой ситуации мы используем конструкт переноса научения (transfer of learning).

Учитывая нестабильность самого процесса научения и нестабильность демонстрации учащимся полученных знаний, исследователи отмечают недостаточность применения вычислительных методов на фоне существующих моделей

научения субъекта для предсказания результатов научения. Требуется методология, которая позволит не только прогнозировать и описывать результаты конкретных исследований на частной выборке и конкретном обучающем материале, но и интерпретировать результаты содержательно и, возможно, использовать полученную модель не только на том материале, на котором происходило обучение вычислительной модели, но и на другом похожем материале.

Цель данной статьи – опираясь на анализ психологической и педагогической литературы, описать основные подходы к определению понятия переноса, описать возможности приложения данных подходов к проблеме переноса в адаптивном обучении, предложить собственную модель переноса научения и возможные требования к будущим вычислительным моделям.

Подходы к определению научения

В литературе под переносом научения (в широком смысле) понимается феномен, когда знания и навыки, полученные в одном контексте или на одном материале, влияют на научение в другом контексте или на другом материале [Perkins, 1992]. В более узком смысле исследователи обычно определяют, в чем состоит это «влияние», в соответствии со своими целями и задача-

ми, сосредотачивая внимание на разных аспектах данного феномена.

Стоит заметить, что в данной статье мы будем разделять «научение» и «обучение». Под научением следует понимать организацию индивидуального опыта обучающегося, под обучением – процедуры модификации этого опыта, который применяет внешний исследователь или учитель для того, чтобы повлиять на научение [Александров, 2012]. В англоязычной литературе эти два понятия применительно к переносу различаются как *transfer of learning* и *transfer of training*. В нашем анализе литературы мы сосредоточим свое внимание на исследованиях когнитивных механизмов субъекта, лежащих в основе мышления и обучения в ситуации переноса, и понимании того, как их учитывать в построении оптимальных траекторий обучения. Таким образом, мы рассмотрим только перенос научения (*transfer of learning*).

1. Перенос как влияние сходства задач

В обзоре, посвященном феномену переноса в решении мыслительных задач [Спиридонов, 2017], авторы отмечают, что в большинстве экспериментальных работ используется схема, когда перенос рассматривается между двумя задачами: исходной и целевой. Возможность найти решение исходной задачи после решения целевой, то есть осуществить *перенос*, определяется *сходством характеристик задач (например, элементов или функциональных отношений между элементами задач) и/или условиями, позволяющими обнаружить это сходство (например, подсказок)*.

Примером применения такого подхода является теоретическая модель переноса научения Холиоука и коллег, опирающаяся на понятие *аналогии* (*analogical transfer*). В рамках этой модели предполагается, что решение задачи происходит путем активации в семантической долговременной памяти информации о схожих ранее решенных задачах [цит. по: Спиридонов, 2017; Holyoak, 1980]. Таким образом, решение задач сводится к поиску подходящих аналогий от исходной задачи к целевой. При этом легкость их обнаружения сводится к тому, насколько похожа целевая задача на исходную с точки зрения трех типов признаков:

- Поверхностных (относящихся к задаче и нерелевантных решению).
- Глубинных (относящихся к задаче и релевантных решению).

– Контекстуальных (не относящихся к содержанию задачи и нерелевантных решению, то есть относящихся к среде, в которой разворачивается решение) [цит. по: Спиридонов, 2017; Gentner, 1993]

Исследователи обнаружили, что перенос по аналогии является наиболее эффективным, если имеет место поверхностное сходство задач: а) ключевые элементы исходной вспомогательной задачи, которые ведут к решению, в точности соответствуют ключевым элементам решения целевой задачи (принцип изоморфизма) [Holyoak et al., 1994], б) исходная и целевая задачи должны иметь одинаковый уровень сложности [Holyoak, Koh, 1987; Ross, 1984]. Авторы подчеркивают, что если одни и те же ключевые элементы играют разную роль в задачах или целевая задача немного сложнее исходной, то установить соответствия между задачами и осуществить перенос по аналогии трудно для решателя. То есть в случае глубинного или контекстуального сходства задач решение становится затруднительным, поэтому необходимо использование подсказок или целенаправленных указаний экспериментатора.

Для адаптивного обучения результаты исследований переноса по аналогии позволяют сделать вывод: чтобы происходил перенос от задачи к задаче, обучение должно проходить очень последовательно по пути от простого к сложному, задачи должны быть практически идентичны друг другу и иметь сходный уровень сложности. Иначе необходимо использование подсказок.

Однако, траектория последовательного обучения от простого к сложному на идентичных задачах может быть «опасной» для формирования мышления, заменять его алгоритмизированными выученными шаблонами решения. В исследовании Спиридонова была продемонстрирована подобная алгоритмизация на примере алгебраических задач, которая приводила к тому, что испытуемые демонстрировали верное решение задач, решая по аналогии, но не применяя оптимальные способы решения [Спиридонов, 2011].

Если рассматривать *перенос* не от задачи к задаче, а от предварительного *этапа обучения* (например, обучающих лекций и тренировочного блока задач к ним, предварительного тестирования, пререквизита в виде предварительного обучающего курса) к выполнению *контрольного этапа* (например, задач для самостоятельного решения, контрольных задач, основного целевого обучающего курса), то задача обнаружения переноса сводится к возможности прогнозирования

успешности и содержательного изучения результатов выполнения контрольного блока на основе данных о выполнении обучения. При этом, оставаясь в рамках описываемого нами здесь подхода, исследователи сосредотачивают свое внимание на изучении структуры задач и того, как решатели двигаются в рамках этой структуры во время мыслительного процесса. Тогда решение задачи субъекта представляет собой ментальную репрезентацию, которая связана с набором характеристик самих задач.

В адаптивном обучении реализация данного подхода является наиболее распространенной. Суть состоит в том, что делается а) либо разметка задач по отдельным элементам, б) либо разметка всего учебного материала (блока задач), где каждый объект включает в себя интерпретацию того, чем овладел пользователь, если он так или иначе провзаимодействовал с данным объектом (например, просмотрел лекцию/ использовал инструмент/ решил данную задачу). К основным вычислительным подходам предсказания успешности на основе размеченных данных структуры задач относятся

– IRT (Item response theory) – реализует вариант а). При использовании метода не требуется заранее разработанный банк заданий, поскольку они генерируются из заранее размеченных элементов. Задания предъявляются пользователю во время тестирования или в контрольном блоке. Логика генерации задач устроена так, чтобы максимизировать цель обучения. Задания представляют собой сочетание правил (радикалов) и случайностей (incidentals). Таким образом, задания доступны для оценки в интервальной, а не ранговой шкале. Для вычисления результата научения (например, решит или не решит испытуемый задачу) используется Модель Раша – это математическая модель, которая представляет собой логистическую регрессию на основе указанных выше параметров [Kuravsky, 2016; Holling, 2009; van der Linden, 2009].

– ВКТ (Bayesian Knowledge Tracing) – реализует вариант б). Метод оценивает «мастерство» учащегося по 4 вероятностям: 1) студент до обучения владел знаниями о том, как решить задачу (probability of initial knowledge), 2) студент демонстрирует решение задачи, так как овладел знаниями при обучении (probability of transition/knowledge acquisition), 3) решил задачу неверно, допустил ошибку, но владеет необходимыми знаниями для решения (probability of slip), 4) решил задачу неверно, так как не владеет необходимыми

знаниями для решения (probability of guess). Метод решения, знания или действие, необходимое для вычисления данных вероятностей, задается экспертно и соотнесено с задачами (используются так называемые компоненты знания knowledge components, содержательное наполнение которых задается экспертно). Для вычисления результата научения (решил или не решил задачу) используются скрытая марковская модель и метод градиентного спуска [Pardos, 2013; Yudelson, 2013].

Автор достаточно крупного и высокоцитируемого обзора педагогических исследований переноса научения [Lobato, 2006] называет описанный подход классическим и предлагает альтернативу в виде субъектно-ориентированного подхода (actor-oriented – субъекта, который «действует» с задачей). Приведем некоторые из утверждений автора. В классическом подходе перенос, по сути, рассматривается как переход от одной ситуации к новой ситуации, оценивается с позиции наблюдателя-эксперта, процесс переноса рассматривается как работа ментальных репрезентаций и как статическое применение знаний. В рамках субъектно-ориентированного подхода перенос определяется как обобщение научения (generalization of learning), оценивается с позиции субъекта, «действующего» с задачей, процесс переноса рассматривается в рамках научения в целом как множество различных процессов, включающих наблюдаемый внешне и детектируемый нами феномен как феномен переноса; рассматривается динамика возникновения того, что мы определяем как отношения между элементами ситуаций.

II. Перенос как самостоятельный навык

Существуют работы, в которых перенос рассматривается как навык, который можно сформировать, или как когнитивный механизм, который независимо от контекста задач может быть актуализирован и обеспечить успешное решение целевой задачи. При этом могут существовать дополнительные инструменты, способствующие этой актуализации.

Перенос как самостоятельный навык рассматривается в рамках понятия *learning-to-learn*. Суть явления состоит в приобретении навыка – умения учиться. При выполнении серии сходных задач испытуемые формируют индивидуальную технику научения, которая позволяет редуцировать или исключить фазу поиска, характерную для начального этапа научения выполнению новой задачи. Максимальный эффект научения возникает, если исходная и целевая задачи сходны

по содержанию, но эффект сохраняется и в случае, если задачи различны [цит. по Александров, 2006; Kerpel, 1968].

В педагогике learning to learn рассматривается как навыки и ключевые компетенции, которые необходимо сформировать, чтобы считать обучение успешным [Hoskins, 2008]. Подобная задача всегда является существенной при разработке учебных программ. Компетенции рассматриваются как способность применить знания и навыки как в устойчивой, так и в меняющейся ситуации. При этом существенными для исследователей и практиков являются две задачи: способность понять, что знает субъект, и умение создать специфическую задачу или сформулировать перед субъектом проблему так, чтобы перенос между двумя различными ситуациями стал возможен [Hoskins, 2008].

За рассмотрением переноса как самостоятельного навыка, не зависящего от контекста задач, усматривается задача изучения такого механизма или процесса, который мог бы обеспечивать регуляцию процесса обучения, при этом по наблюдаемым поведенческим данным была возможность контролировать его и формировать требуемый результат научения.

Таковыми механизмами могут быть рефлексия и выделение уровней рефлексии при помощи алгоритмов анализа текстов отчетов испытуемых [Jung, 2020], метакогниции и разбиение логов учащихся на события с целью последующего анализа стратегий научения методом кластеризации [Jovanović, 2017] или генетическими алгоритмами [Peffer, 2020].

Наиболее целостной, обсуждаемой в литературе и объединяющей все основные представления о верхнеуровневых познавательных процессах саморегуляции является модель саморегуляции научения Циммермана. Согласно данной модели выделяются следующие фазы саморегуляции [Zimmerman, 2000]:

1) планирование – анализ задачи (постановка целей, стратегическое планирование), мотивационные установки (самоэффективность, ожидания результатов, внутренний интерес/ценность, ориентация на цель);

2) поведение/ волевой контроль – самоконтроль (самообучение, воображение, концентрация внимания, стратегии решения задач), самонаблюдение (самозапись, самоэкспериментирование);

3) рефлексия – оценка (самооценка, каузальная атрибуция), реакция (удовлетворенность/аффект, адаптивность/ защита).

Примером педагогической работы, опирающейся на данную модель, является работа Симамора [Simamora, 2019]. Авторы исследовали самоэффективность студентов и успешность обучения, сравнивая экспериментальную и контрольную группы. Студенты изучали тему алгебраических производных. Проходили предварительное тестирование на умение решать задачи и тестирование после обучения по одному и тому же опроснику (Mathematical Problem Solving Ability Test (MPSAT), а также в конце обучения заполняли опросник на самоэффективность (student' Mathematical Self-Efficacy Questionnaire (MSEQ). Самоэффективность понималась в рамках «теории эффективности» Бандуры как вера в собственную эффективность (уверенность в своих компетенциях), которая влияет на жизненный выбор, мотивацию, качество выполняемой деятельности, сопротивление трудностям и склонность к стрессу и депрессии [цит. по Simamora, 2019; Bandura, 1994]. При этом в экспериментальной группе процесс обучения происходил по особой методике GDL (guided discovery learning), включающей в себя комплекс мероприятий и различных техник, инструментов, реализующих все перечисленные фазы модели саморегуляции Циммермана. Результат исследования состоит в том, что успешность обучения и самоэффективность (которая оценивалась после обучения), измеряемые по опросникам, были выше в экспериментальной группе, чем в контрольной. Это говорит о том, что примененная методика обучения GDL является эффективной для формирования навыков саморегуляции.

Поскольку выше мы указали, что в данной статье будем говорить только о переносе научения как о когнитивных процессах, а не процедурах обучения, мы не будем проводить обзор многочисленных методик и подходов обучения, которые формируют соответствующие навыки и определяют успешность обучения. Отметим лишь, что в подобных исследованиях всегда используются теоретические представления, где приводится классификация типов когниций, которым заранее назначается определенное смысловое содержание, и далее они измеряются по отчетам испытуемых, опросникам или заранее задают классификацию результатов. Это означает, что, как и в предыдущем подходе, мы имеем экспертно задаваемую от внешнего наблюдателя

систему оценок, которую используем для анализа данных. Кроме того, исходя из этого субъект выступает как носитель определяемых нами функций, которые применяются или не применяются им в деятельности.

III. Перенос как функциональная система

Существуют исследования научения, выполненные в рамках направления радикального воплощенного познания (radical embodiment approach) и парадигмы энактивизма, которая противопоставляется классической в когнитивной науке парадигме репрезентационизма (representation theory of mind) [Chemero, 2011]. В рамках классической парадигмы субъект формирует представления о мире – ментальные репрезентации – как некоторые семантические структуры, которые определяют процесс взаимодействия человека с миром. В рамках радикального воплощенного познания субъект взаимодействует со средой, постоянно подстраиваясь под нее посредством обратной связи. За счет множества циклов восприятия и взаимодействия со средой (perception-action loop) субъект научается действовать в ней устойчиво. Антиципация условий среды и прогнозирование возможных результатов действия составляет целенаправленность действия [van Helden, 2021]. Кратко суть противопоставления парадигм и данную теоретическую позицию можно выразить следующим тезисом: «Знания нужны не для отражения мира, а для действия с ним».

Описанная авторами модель научения представляет собой функциональную систему регуляции действий – «body-artifact functional system» [Shvarts, 2021]. Посредством вышеописанного процесса взаимодействия с объектами среды субъект формирует так называемые культурные артефакты (например, умение пользоваться графиками, формулами, корректно относительно принятой в культуре формы использовать принятые в ней понятия и инструменты). Такие артефакты являются тем, что обучающиеся демонстрируют в обучении, и внешне наблюдаемым поведением, которое изучают исследователи. Артефакт в модели авторов – это культурно закрепленные способы действия с объектом, которые формировались у субъекта в его индивидуальном опыте действия с этим объектом. Поэтому предметом исследований авторов является изучение этих действий и формирование индивидуального опыта.

Основная мотивация применения такого системного подхода для изучения переноса науче-

ния состоит в том, что история формирования и внутренняя организация внешне одинакового поведения может быть различной [Александров, 2017]. Эти различия могут лежать в основе неустойчивого характера научения и создавать трудности в его прогнозировании.

Трудности, с которыми сталкиваются исследователи переноса научения в попытке измерить и прогнозировать его могут быть следующие:

– если субъект верно решил задачу, это не значит, что он решит ее верно в следующий раз, или если учащийся обучился какому-то методу решения и продемонстрировал его верное использование и понимание, нет уверенности, что он будет использовать его в соответствующих задачах [Lobato, 2008];

– если субъект научился выполнять задания верно, корректно, применяя оптимальные способы решения, это не значит, что по прошествии некоторого времени он сможет выполнить эти задания верно, как в предыдущий раз [Середа, 2006; Bjork R. A. & Bjork E. L., 2019].

Описанный системный подход является, на наш взгляд, наилучшей методологией, позволяющей прояснить проблемы, связанные с неустойчивым характером научения.

Предлагаемая модель переноса

Применительно к изучению переноса научения в рамках адаптивного обучения мы предлагаем следующую модель. Как и у авторов модели «body-artifact functional system», теоретическую основу наших представлений составляют теория организации движений Н. А. Бернштейна, теория аффордансов Дж. Гибсона, теория функциональных систем (ТФС) П. К. Анохина. Мы также дополним эту теоретическую основу представлением о высоко- и низкодифференцированных функциональных системах Ю. И. Александрова.

Рассмотрим научение как процесс приобретения, фиксации и модификации репертуара деятельности индивида [Александров, 2006]. В рамках ТФС данный процесс обеспечивается функциональными системами – «комплексом избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимоотношение и взаимодействие приобретает характер взаимодействия компонентов, направленного на получение полезного результата» [цит. по Александров, 1999]. В физиологических исследованиях в рамках системного подхода таким комплексом компонентов является ансамбль нейронов, и изучаются различные аспекты специализации нейронов относительно выполняемого поведенческого акта. В психолого-

педагогических работах, в частности, в вышеприведенном исследовании, такими компонентами являются действия (enactment) в индивидуальном опыте субъекта, которые представляют собой любой целенаправленный поведенческий акт [Shvarts, 2021]. Для адаптивного обучения мы также имеем возможность измерения выделяемых действий по цифровым следам.

Мы полагаем, что перенос научения связан а) на уровне восприятия задачи с актуализацией спектра возможных действий с ней – аффордансами [Гибсон, 1988]; б) в процессе решения с координацией на разных уровнях доменов опыта действия с объектами решаемой задачи [Бернштейн, 1947] и б) со структурой их организации, которая представляет собой либо интегрированную связную систему знаний и навыков (высокодифференцированную систему), либо несвязанные между собой знания и навыки под каждую отдельную задачу (низкодифференцированную систему) [Александров, 2009].

Требования к выделению и измерению цифровых следов в рамках предложенной модели

В рамках нашего подхода существенной чертой является то, что мы выражаем отказ от представлений о том, что знает и чего не знает субъект: отказ от оценок его поведения внешним экспертом-наблюдателем. Предлагаем

- в решении задач рассматривать действия, которыми испытуемый оперирует, как внешние средства, которые он использует для овладения собственным мышлением (по Выготскому), не задавая при этом никакой интерпретации;

- измерять этапы и количество таких действий. При возможности доступа к наглядному оперированию на экране компьютера, использовать информацию о положении и выбранном инструменте действия;

- измерять логи, которые характеризуют не только попадание на страницу с определенным индексом и названием, но и описывают простые действия между страницами (например, ввод решения, отправка ответа, движение назад, вперед к следующему объекту).

Мы считаем, что внешне наблюдаемое поведение обслуживается функциональной системой (ФС), которая может быть представлена вычислительной моделью, использующей указанные измеряемые параметры. Тогда мы имеем возможность измерения индивидуального опыта решения задач субъектом как цифровую ФС.

Гипотеза будущих исследований переноса научения в рамках предлагаемой модели состоит в предположении о том, что на похожих задачах (темах/одинаково размеченных курсах/банках задач) характер их выполнения сходен, обслуживается сходным опытом, а значит, сходной функциональной системой в смысле ее структуры и/или динамики, истории формирования.

Заключение

Перенос научения является феноменом, наблюдаемым и описываемым исследователями на уровне поведения, когда приобретенный ранее опыт влияет на выполнение другой задачи, предполагающей использование этого опыта. Перенос остается центральной проблемой обучения в образовании: каким образом предварительное обучение влияет на применение полученных знаний и навыков? Однако для объяснения его механизмов, структуры и условий требуется рассмотреть перенос в рамках более широкой общей концепции научения. Перенос невозможно отделить от других феноменов научения и научения в целом, точно выделить границы и причины успешного переноса, поэтому исследователи отмечают недостаточную состоятельность использования понятия переноса как объяснительного конструкта и исследуют механизмы научения в целом, применительно к исследуемой задаче. Таким образом, исследования переноса научения, по сути, являются исследованиями научения в ситуации переноса.

Применительно к описанной в начале статьи проблеме цифровизации образования такие исследования должны иметь концепцию научения и представления о том, какие цифровые следы следует измерять в соответствии с выбранной концепцией. Исходя из приведенного нами анализа литературы такая концепция должна быть динамической и ориентированной не столько на описание структуры ситуации и параметров задач, в которой происходит перенос, но и на описание того, как субъект воспринимает эту ситуацию и действует в ней. Учитывая, что опыт субъекта всегда индивидуален, не всегда соответствует экспертной оценке, характер научения нестабилен и поэтому неудобен для прогнозирования, мы настаиваем на избегании подходов, предлагающих когнитивную классификацию типов задач или типов поведения субъекта или их косвенное использование. Из предлагаемой нами модели переноса, которая рассматривает ситуацию обучения как формирование индивидуального опыта в терминах функциональных систем,

обеспечивающих соответствующее внешне наблюдаемое поведение, мы выделили требования к собираемым цифровым следам и основную теоретическую гипотезу будущих исследований, которые могут быть выполнены в данной методологии. Мы полагаем, что это позволит по-новому взглянуть на планирование и результаты исследований переноса в рамках адаптивного обучения.

Библиографический список

1. Александров И. О. Формирование структуры индивидуального знания. Москва : Институт психологии РАН, 2006. 560 с.
2. Александров Ю. И. Дифференциация и развитие // Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма / сост. Н. И. Чуприкова. Москва : Языки славянских культур, 2009. С. 17-28.
3. Александров Ю. И. Регрессия как этап развития / Ю. И. Александров. Москва : Институт психологии РАН, 2017. 191 с.
4. Александров Ю. И. Психофизиологические закономерности научения и методы обучения // Психологический журнал. 2012. Т. 33. № 6. С. 5-19.
5. Александров Ю. И. Системные аспекты психической деятельности / Ю. И. Александров, А. В. Брушлинский, К. В. Судаков, Е. А. Умрюхин. Москва : Эдиториал УРСС, 1999. 272 с.
6. Бернштейн Н. А. О построении движений. Москва : Медгиз, 1947. 254 с.
7. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. Москва : Прогресс, 1988. 464 с.
8. Спиридонов В. Ф. Феномен переноса в решении мыслительных задач / В. Ф. Спиридонов, Н. И. Логинов // Избранные разделы психологии научения. Москва : Дело, 2017. С. 277-303.
9. Спиридонов В. Ф. Насколько устойчива психологическая структура текстовой задачи по алгебре? // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2011. № 2. С. 138-147.
10. Bjork R. A., Bjork E. L. Forgetting as the friend of learning: Implications for teaching and self-regulated learning // *Advances in Physiology Education*. 2019. Т. 43. № 2. С. 164-167.
11. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia for education and training // *Adaptive technologies for training and education*. 2012. Т. 46. С. 46-68.
12. Cepeda N. J. et al. Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis // *Psychological bulletin*. 2006. Т. 132. № 3. С. 354.
13. Chemero A. Radical embodied cognitive science // MIT press. 2011. URL: <https://mitpress.mit.edu/books/radical-embodied-cognitive-science>
14. Holling H. Automatic item generation of probability word problems / H. Holling, J. P. Bertling, N. Zeuch // *Studies in Educational Evaluation*. 2009. Т. 35. № 2-3. С. 71-76.
15. Holyoak K. J. Component processes in analogical transfer: Mapping, pattern completion, and adaptation / K. J. Holyoak, L. R. Novick, E. R. Melz // *Ablex Publishing*. 1994. URL: <https://psycnet.apa.org/record/1994-98381-002>
16. Holyoak K. J., Koh K. Surface and structural similarity in analogical transfer // *Memory & cognition*. 1987. Т. 15. № 4. С. 332-340.
17. Hoskins B. Learning to learn: What is it and can it be measured? / B. Hoskins, U. Fredriksson // *European Commission JRC – 2008*. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu>
18. Jovanović J. et al. Learning analytics to unveil learning strategies in a flipped classroom // *The Internet and Higher Education*. 2017. Т. 33. № 4. С. 74-85.
19. Jung Y. How and how well do students reflect? Multi-dimensional automated reflection assessment in health professions education / Y. Jung, A. F. Wise // *Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*. 2020. С. 595-604.
20. Kuravsky L. S. et al. A probabilistic model of adaptive training // *Applied Mathematical Sciences*. 2016. Т. 10. № 48. С. 2369-2380.
21. Lobato J. Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research // *The journal of the learning sciences*. 2006. Т. 15. № 4. С. 431-449.
22. Lobato J. When students don't apply the knowledge you think they have, rethink your assumptions about transfer // *Making the connection: Research and teaching in undergraduate mathematics*. *Mathematical Association of America*. 2008. URL: https://www.researchgate.net/publication/291845108_When_students_don't_apply_the_knowledge_you_think_they_have_rethink_your_assumptions_about_transfer
23. Pardos Z. et al. Adapting bayesian knowledge tracing to a massive open online course in edx // *6th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2013*. Memphis, United States, 2013. P. 137-144.
24. Peffer M., Quigley D., Brusman L., Avena J., Knight. J. Trace data from student solutions to genetics problems reveals variance in the processes related to different course outcomes // *LAK '20: Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, March 2020. С. 47-52.
25. Perkins D. N. et al. Transfer of learning // *International encyclopedia of education*. 1992. Т. 2. С. 6452-6457.
26. Ross B. H. Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems // *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*. 1989. Т. 15. № 3. С. 456.
27. Shvarts A. et al. Embodied instrumentation in learning mathematics as the genesis of a body-artifact functional system // *Educational Studies in Mathematics*. 2021. С. 1-23.

28. Simamora R. E. et al. Improving Students' Mathematical Problem Solving Ability and Self-Efficacy through Guided Discovery Learning in Local Culture Context // International Electronic Journal of Mathematics Education. 2019. T. 14. № 1. С. 61-72.

29. van der Linden W. J. Constrained adaptive testing with shadow tests // Elements of adaptive testing. Springer, New York, NY, 2009. С. 31-55.

30. van Helden G., Shvarts A. Embodied transfer in mathematics learning: recognizing a unit circle as a sine-graph-builder and anticipating a sine-graph-movement // For the learning of mathematics. under review

31. Yudelson M. V. Individualized bayesian knowledge tracing models / M. V. Yudelson, K. R. Koedinger, G. J. Gordon // International conference on artificial intelligence in education. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. С. 171-180.

32. Zimmerman B. J. Attaining self-regulation: A social cognitive perspective // Handbook of self-regulation. Academic Press. 2000. С. 13-39.

Reference list

1. Aleksandrov I. O. Formirovanie struktury individual'nogo znaniya = Formation of individual knowledge structure. Moskva : Institut psihologii RAN, 2006. 560 s.

2. Aleksandrov Ju. I. Differenciacija i razvitie = Differentiation and development // Teorija razvitiya: Differencionno-integracionnaja paradigma / sost. N. I. Chuprikova. Moskva : Jazyki slavjanskih kul'tur, 2009. S. 17-28.

3. Aleksandrov Ju. I. i dr. Regressija kak jetap razvitiya = Regression as a stage of development. Moskva : Institut psihologii RAN, 2017. 191 s.

4. Aleksandrov Ju. I. Psihofiziologicheskie zakonomernosti nauchenija i metody obuchenija = Psychophysiological teaching patterns and teaching methods // Psihologicheskij zhurnal. 2012. T. 33. № 6. S. 5-19.

5. Aleksandrov Ju. I. Sistemnye aspekty psihicheskoj dejatel'nosti = Systemic aspects of mental activity / Ju. I. Aleksandrov, A. V. Brushlinskij, K. V. Sudakov, E. A. Umrjuhin. Moskva : Jeditorial URSS, 1999. 272 s.

6. Bernshtejn N. A. O postroenii dvizhenij = About making movements. Moskva : Medgiz, 1947. 254 s.

7. Gibson Dzh. Jekologicheskij podhod k zritel'nomu vosprijatiju = Ecological approach to visual perception. Moskva : Progress, 1988. 464 s.

8. Spiridonov V. F. Fenomen perenosa v reshenii myslitel'nyh zadach = The phenomenon of transfer in solving mental problems / V. F. Spiridonov, N. I. Loginov // Izbrannye razdely psihologii nauchenija. Moskva : Delo, 2017. S. 277-303.

9. Spiridonov V. F. Naskol'ko ustojchiva psihologicheskaja struktura tekstovoj zadachi po algebre? = How stable is the psychological structure of the text problem in algebra? // Psihologija. Zhurnal Vysshej shkoly jekonomiki. 2011. № 2. S. 138-147.

10. Bjork R. A., Bjork E. L. Forgetting as the friend of learning: Implications for teaching and self-regulated learning // Advances in Physiology Education. 2019. T. 43. № 2. S. 164-167.

11. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia for education and training // Adaptive technologies for training and education. 2012. T. 46. S. 46-68.

12. Cepeda N. J. et al. Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis // Psychological bulletin. 2006. T. 132. № 3. S. 354.

13. Chemero A. Radical embodied cognitive science // MIT press. 2011. URL: <https://mitpress.mit.edu/books/radical-embodied-cognitive-science>

14. Holling H. Automatic item generation of probability word problems / H. Holling, J. P. Bertling, N. Zeuch // Studies in Educational Evaluation. 2009. T. 35. № 2-3. S. 71-76.

15. Holyoak K. J. Component processes in analogical transfer: Mapping, pattern completion, and adaptation / K. J. Holyoak, L. R. Novick, E. R. Melz // Ablex Publishing. 1994. URL: <https://psycnet.apa.org/record/1994-98381-002>

16. Holyoak K. J., Koh K. Surface and structural similarity in analogical transfer // Memory & cognition. 1987. T. 15. № 4. S. 332-340.

17. Hoskins B. Learning to learn: What is it and can it be measured? / B. Hoskins, U. Fredriksson // European Commission JRC – 2008. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu>

18. Jovanović J. et al. Learning analytics to unveil learning strategies in a flipped classroom // The Internet and Higher Education. 2017. T. 33. № 4. S. 74-85.

19. Jung Y. How and how well do students reflect? Multi-dimensional automated reflection assessment in health professions education / Y. Jung, A. F. Wise // Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge. 2020. S. 595-604.

20. Kuravsky L. S. et al. A probabilistic model of adaptive training // Applied Mathematical Sciences. 2016. T. 10. № 48. S. 2369-2380.

21. Lobato J. Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research // The journal of the learning sciences. 2006. T. 15. № 4. S. 431-449.

22. Lobato J. When students don't apply the knowledge you think they have, rethink your assumptions about transfer // Making the connection: Research and teaching in undergraduate mathematics. Mathematical Association of America. 2008. URL: https://www.researchgate.net/publication/291845108_When_students_don't_apply_the_knowledge_you_think_they_have_rethink_your_assumptions_about_transfer

23. Pardos Z. et al. Adapting bayesian knowledge tracing to a massive open online course in edx // 6th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2013. Memphis, United States, 2013. P. 137-144.

24. Peffer M., Quigley D., Brusman L., Avena J., Knight. J. Trace data from student solutions to genetics problems reveals variance in the processes related to different course outcomes // LAK '20: Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge, March 2020. С. 47-52.

25. Perkins D. N. et al. Transfer of learning // International encyclopedia of education. 1992. Т. 2. S. 6452-6457.

26. Ross B. H. Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems // Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition. 1989. Т. 15. № 3. S. 456.

27. Shvarts A. et al. Embodied instrumentation in learning mathematics as the genesis of a body-artifact functional system // Educational Studies in Mathematics. 2021. S. 1-23.

28. Simamora R. E. et al. Improving Students' Mathematical Problem Solving Ability and Self-Efficacy

through Guided Discovery Learning in Local Culture Context // International Electronic Journal of Mathematics Education. 2019. Т. 14. № 1. S. 61-72.

29. van der Linden W. J. Constrained adaptive testing with shadow tests // Elements of adaptive testing. Springer, New York, NY, 2009. S. 31-55.

30. van Helden G., Shvarts A. Embodied transfer in mathematics learning: recognizing a unit circle as a sine-graph-builder and anticipating a sine-graph-movement // For the learning of mathematics. under review

31. Yudelson M. V. Individualized bayesian knowledge tracing models / M. V. Yudelson, K. R. Koedinger, G. J. Gordon // International conference on artificial intelligence in education. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. S. 171-180.

32. Zimmerman B. J. Attaining self-regulation: A social cognitive perspective // Handbook of self-regulation. Academic Press. 2000. S. 13-39.

Статья поступила в редакцию 12.08.2021; одобрена после рецензирования 01.09.2021; принята к публикации 25.09.2021.

The article was submitted on 12.08.2021; approved after reviewing 01.09.2021; accepted for publication on 25.09.2021.