**ПЕРЕНОС ПО АНАЛОГИИ И СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ В РЕШЕНИИ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.**

**Дятлова О.В.1, Рыбчинчук М.А.2, Эльман И.А.3, Кунашенко М.И.3**

**1кандидат экономических наук, научный сотрудник**

**2 аспирант, 3 стажеры**

**Института Психологии РАН**

**Лаборатории психологии и психофизиологии творчества**

**129366, г.Москва, ул. Ярославская д.13с1**

**dyatlovaolga@gmail.com****,** **mindfulmath2908@gmail.com**

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

***Ключевые слова:*** *перенос, перенос по аналогии, научение, адаптивное обучение, дистанционное обучение, системный подход, функциональная система, алгебраические задачи.*

*Key words: transfer of learning, analogical transfer, learning, adaptive learning, distance learning, systemic approach, functional system, algebraic problems*

**Аннотация**

В условиях цифровизации образования одной из ведущих проблем является построение модели обучающегося с целью предъявления ему заданий в индивидуальном режиме в соответствии с его способностями к обучению. В частности, предполагается, что одни люди могут учиться быстрее и на основе объяснений учителя способны решать задачи сразу более сложные, их обучение может происходить некоторыми скачками, в то время как другим требуется обучаться постепенно от простого к сложному, по аналогии. Для описания такой обучаемости мы используем конструкт переноса научения (transfer of learning). При этом для образования интерес представляет: а) изучение ситуации, когда учащийся сначала проходит Обучение и затем применяет свои знания в Решении контрольных заданий, б) возможность предсказать успешность научения, в) описание модели, которая бы универсально описывала, каким образом содержательно происходит применение полученных ранее знаний в индивидуальном опыте субъекта. Решение данных задач позволило бы создавать разную навигацию учебного материала в рамках адаптивного обучения [Brusilovsky, 2012] и предъявлять каждому ученику учебный материал в оптимальном режиме в соответствии с его обучаемостью, приближая к достижению максимума цели обучения.

Цель данной статьи– опираясь на понятие переноса по аналогии, системный подход, и предлагаемую нами модель формирования индивидуального опыта субъекта в научении, на примере собственного исследования продемонстрировать варианты  критериев успешности переноса научения и сделать выводы о возможных путях его измерения .

**Определение переноса 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, Salomon, 1992]. В более узком смысле исследователи обычно определяют, в чем состоит это «влияние» в соответствии со своим целями и задачами, сосредотачивая внимание на разные аспекты данного феномена.

**Перенос по аналогии**

Базовая теоретическая модель переноса научения это модель *переноса по аналогии* Холиоука (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, Логинов, 2017; Holyoak, Gik, 1980)]. Таким образом, перенос состоит в поиске аналогий между задачами. Исследования переноса по аналогии устроены всегда следующим  образом: рассматривается исходная и целевая задачи, между которыми изучается перенос с точки зрения обнаружения испытуемым сходства элементов задач или функциональных отношений между элементами.

Легкость обнаружения аналогий - сходства целевой и исходной задач рассматривается с точки зрения трех типов признаков:

1. Поверхностные (относящихся к задаче и нерелевантных решению)
2. Глубинные (относящихся к задаче и релевантных решению)
3. Контекстуальные (не относящихся к содержанию задачи и нерелевантных решению, то есть относящихся к среде, в которой разворачивается решение)

[цит. по: Спиридонов, Логинов, 2017; Gentner, Rattermann, Forbus 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 отмечают, что если имеет место *глубинное или контекстуальное* сходства задач, когда 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 представляет трудность для решателя - необходимо использование подсказок или целенаправленных указаний экспериментатора.

Применительно к математическим задачам, теми же авторами было проведено следующее исследование [Novick L.R., Holyoak K.J., 1991]. Испытуемые-студенты решали текстовые математические задачи (word mathematical problem) на определение минимального количества объектов, которые можно различными вариантами разделить на равные по мощности классы (равные по количеству элементов в каждом). Для определения способностей к переносу использовались тесты: math SAT, verbal SAT, verbal analogy test для диагностики переноса по аналогии в математических, вербальных задачах и определения общих способностей к трансферу. Для преодоления трудностей в нахождении аналогий использовались два вида подсказок: в одном случае подсказка была направлена на объяснение *соответствий элементов* целевой и исходной задач, в другом случае подсказка была направлена на объяснение *функциональных отношений между элементами* (действия, необходимые для решения целевой задачи). В модели множественной линейной регрессии предикторами переноса по аналогии в экспериментальных задачах стали показатели math SAT и подсказка, направленная на объяснение соответствий элементов. Данный результат говорит о необходимости специфических для данной деятельности способностей к аналогиям и, в случае трудностей в решении, необходимости подсказок, ведущих к обнаружению поверхностного сходства задач.

В вышеприведенных исследованиях, можно выделить несколько особенностей:

* для изучения переноса по аналогии экспертно выделяется структура задач и признаки их сходства, перенос рассматривается как результат влияния сходства задач, а решение субъекта как мыслительный процесс внутри заданной структуры признаков - то есть как ментальная репрезентация
* в краткосрочной перспективе для того, чтобы наблюдать перенос от задачи к задаче необходимо, чтобы обучение проходило по пути от простого к сложному на идентичных задачах
* испытуемые, способные в краткосрочной перспективе решить задачи, не идентичные, то есть продемонстрировать без использования подсказок обнаружение сходства более высокого уровня составляют контрольную группу или верхнюю границу результатов по выборке в данных исследованиях
* признаки сходства выделяются достаточно интуитивно, не существует методики выделения признаков сходства по указанной классификации.

**Системный подход к научению**

Автор обзора педагогических исследований переноса научения [Lobato, 2006] называет описанный выше подход классическим и предлагает альтернативу в виде субъектно-ориентированного подхода (actor-oriented approach). Автор пишет о том, что в классическом подходе перенос оценивается с позиции наблюдателя-эксперта, процесс переноса рассматривается как работа ментальных репрезентаций и как статическое применение знаний. В субъектно-ориентированном подходе перенос оценивается с позиции субъекта, “действующего” с задачей, процесс переноса рассматривается как научение в целом в ситуации, которую мы обозначаем как перенос, рассматривается внутренняя динамика возникновения того, что мы внешне определяем как отношения между элементами ситуаций.

Существуют исследования научения, выполненные в рамках направления радикального воплощенного познания (radical embodiment approach) [Chemero, 2011], согласно которым субъект действует со средой, постоянно подстраиваясь под нее посредством обратной связи. С помощью циклов восприятия и действия (perception-action loop) происходит антиципация условий среды и прогнозирование результатов действия, что составляет целенаправленность действия [Shvarts, A., Alberto, R., Bakker, A. et al., 2021]. Описанная авторами модель научения представляет собой функциональную систему регуляции действий – «body-artifact functional system». Результатом вышеописанного процесса взаимодействия субъекта с ситуацией решения задачи являются культурные артефакты (например, приобретенные математические понятия, умение пользоваться формулами, графиками и другими инструментами для решения задач на заданную тему). Артефакт представляет собой в культурной форме закрепленные, свернутые способы действия с объектом, которые формировались в индивидуальном опыте субъекта в процессе действий с этим объектом. Поэтому предметом исследований авторов является изучение этих действий и формирование индивидуального опыта.

Теоретическую основу представлений авторов 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 низко-дифференцированных функциональных системах Ю.И. Александрова.

 Под *научением будем понимать процесс приобретения, фиксации и модификации репертуара деятельности индивида* [Александров И.О., 2006]. В рамках ТФС он обеспечивается функциональными системами – «комплексом избирательно вовлеченных компонентов, у которых взимоотношение и взаимодействие приобретает характер взаимоСОдействия компонентов, направленного на получение полезного результата». [цит. по Александров Ю.И, 1999]. В физиологических исследованиях таким комплексом компонентов является ансамбль нейронов, и изучается специализация нейронов относительно выполняемого поведенческого акта.  В вышеприведенной психолого-педагогической работе такими компонентами являются действия (enactment). Для адаптивного обучения мы имеем также возможность измерения выделяемых действий по цифровым следам.

 В нашей теоретической модели мы полагаем, что *перенос научения связан: а) на уровне восприятия задачи с актуализацией спектра возможных действий с ней - аффордансами* [Гибсон Дж.,1988]*; б) в процессе решения с координацией на разных уровнях доменов опыта действия с объектами решаемой задачи* [Бернштейн Н.А., 1947] и *б) со структурой их организации, которая представляет собой либо интегрированную связную систему знаний и навыков (высоко-дифференцированную систему), либо несвязанные между собой знания и навыки под каждую отдельную задачу (низко-дифференцированную систему)* [Александров Ю.И., 2009].

**Эксперимент**

Итоговая цель проводимых нами исследований по нашему проекту состоит в том, чтобы на примере школьных задач по алгебре создать модель обучающегося, теоретическую модель переноса и вычислительную модель переноса, которая могла бы прогнозировать какие задачи, описываемые какими критериями успешности способен решить человек на основе приобретенных знаний.  Исследование, которое будет описано далее, является предварительным, пилотным и качественным. Оно позволяет сделать существенные выводы о том, как происходит решение задач в экологически валидной ситуации (на реальных математических задачах, в ситуации урока подобного тому, как это происходит в онлайн обучении) от этапа Обучения к этапу Решения, какие существуют варианты того, что можно считать успешным переносом, какие можно сделать выводы для дальнейших экспериментальных исследований.

**Цель исследования** - качественно проанализировать, как организован опыт у тех испытуемых, которые могут решить все предъявляемые им задачи (от простых до сложных в смысле признаков сходства задач переноса по аналогии) за отведенное время, и сравнить с теми, кто это делает хуже.

**Задачи**: 1. Выделить этапы решения задач и способы действия, используемые на каждом этапе. 2. Проанализировать какие действия сопровождают решения какого уровня переноса.

**Выборка.** Группа не-экспертов составила 8 человек, студенты-психологи с баллом ЕГЭ 62-80 по профильной математике при поступлении в ВУЗ. Группа экспертов составила 2 человека (выпускники мехмата МГУ, репетиторы).

**Материал.** Мы разработали ситуацию мини-онлайн-курса. Испытуемым предъявлялись видеоуроки, тестовые и основные математические задачи на тему “Метод интервалов”, разработанные экспертом в логике переноса по аналогии: в задачах для самостоятельного выполнения были задачи как те,  которые были рассказаны в видеоуроках (имеющие поверхностное сходство), так и более сложные (имеющие глубинное или контекстуальное сходство). Уровень предъявляемых задач относится к курсу школьной алгебры за 9 класс. Задачи включали в себя: линейные, дробно-линейные, квадратичные неравенства и неравенства с радикалом (квадратным корнем). В школьной алгебре данные задачи составляют начало изучения метода интервалов. Мы выбрали задачи именно на данную тему, поскольку решение неравенств и метод интервалов как основной метод их решения составляет основную тему, проходящую через весь курс школьной алгебры и существует перспектива на дальнейшее изучение переноса. Можно создавать разные задачи разного уровня сложности, содержания, изучать формирование опыта у школьников на протяжении всего обучения школьного курса алгебры.

*В видеоуроках* учитель объяснял тему, начиная с поведения функций на графиках, затем переходил к объяснению того, как решать основные типы задач (линейные и дробно-линейные, квадратичные, случай с изолированной точкой, неравенства с радикалом(корнем)). Учитель рассказывал разные способы решения, сравнивал их между собой. Таким образом, обучающий материал был направлен на формирование понимания темы, а не просто на выполнение заданных типов задач.

Задачи имеют четко заданные этапы решения и они демонстрировалось учителем в видеоуроках:

* нахождение корней функции
* нахождение области определения функции
* визуальное изображение на числовой прямой корней и области определения
* нахождение знака функции
* нахождение и запись требуемого ответа к задаче

*В тестовых заданиях* проверялось понимание того, что было рассказано в видеоуроках. Тестовые задания сформированы с целью убедиться, что обучающийся овладел необходимым и достаточным опытом решения задач на заданную тему.

*Основные задания* - блок из 10 задач - состоит из заданий разной степени сходства и сложности. Задачи, имеют с представленными в видеоуроках и тестовых заданиях следующие *сходства*: а) поверхностное -задачи 1-5,8 б) глубинное - задачи 6,7, в) контекстуальное - задачи 9,10 (Схема 1). По *степени сложности* задачи различаются на 3 типа: а) в задачах 1-3 необходимо только найти корни, б) в задачах 4-7 - найти корни и учесть особенности функции, в) в задачах 8-10 - найти корни, учесть особенности, найти область определения сложной функции. Задачи предъявлялись испытуемому в порядке от первой к последней последовательно по степени сложности.

*Ключевым этапом решения* этих задач является этап нахождения знака функции. Учителем было показано 3 способа, как это можно сделать: а) расписать все возможные случаи, представив исходное неравенство в виде систем уравнений, б) вычислить знак путем подстановки значений в интервалы или в) заметить, что функция меняет свой знак только при переходе через критические точки, поэтому можно не вычислять все значения, а обратить внимание только на критическую часть. Именно использование последнего способа в школьной практике считается полным пониманием метода интервалов. *Поэтому в данном исследовании именно способ в) назовем методом интервалов.*

**Методика.** Исследование состояло из 2 этапов: а) *Обучения* (просмотра видеоуроков вместе с выполнением 5 тестовых заданий к ним с 3 попытками решения), б) *Решения* (10 задач с 1 попыткой решения). По прошествии всех попыток, экспериментатор показывал правильный ответ. Эксперимент записывался на камеру. Время эксперимента было ограничено 2 часами. В группе экспертов этап Обучения отсутствовал. Общая схема методики представлена Схемой 1.



*Схема 1. Методика проведения эксперимента. Этап Обучения: видеоуроки и тестовые задания. Этап Решения: 10 контрольных задач на тему “Метод интервалов”.*

Стоит заметить, что поскольку испытуемые были студентами или экспертами, и в прошлом когда-то владели или владеют навыками решения данных задач, этап Обучения здесь является скорее неким этапом актуализации прошлого опыта в новой форме. Поскольку испытуемые получают объяснение знакомого им материала в другом формате в новой ситуации, информация получаемая ими на данном этапе обладает новизной не на том же самом уровне, на котором она является новой для школьников, впервые проходящих данную тему в школе. Однако, учитывая, что целью нашего исследования является анализ того, как устроен приобретенный опыт и как он влияет на последующий, вышеуказанные особенности не влияют на выполнение нашей цели.

*Критерием успешного переноса* считалось: а) если обучающийся использовал полученные на этапе обучения знания и опыт, б)  продемонстрировал верное решение целевой задачи (семейства задач) за отведенное время.

**Измеряемые переменные**

1. *Правильность ответа* оценивалась от 0 до 1 по количеству правильно используемых символов в ответах (использовалась формально-экспертная оценка).
2. *Абсолютная эффективность* – правильность выполнения основных 10 задач на этапе Решения (AE) = сумма правильности ответов/10.
3. *Относительная эффективность* - аккуратность выполнения задач на этапе Решения (RE) = сумма правильности ответов/ количество решенных задач.

**Гипотезы**

1. У экспертов по сравнению с не-экспертами будет наблюдаться больше свернутых действий на всех этапах решения задач (действия, при которых мы наблюдаем сразу выписывание окончательного результата, не наблюдаем наглядно развернутого мыслительного процесса поиска решения) и использование способа в) - метода интервалов - на ключевом этапе вычисления знака функции.
2. Не-эксперты с высокими АЕ или RE по сравнению с не-экспертами с более низкими AE или RE будут использовать действия, сходные с теми, которые используют эксперты и на ключевом этапе -  метод интервалов.
3. Для разных интервалов значений АЕ или RE характерен свой тип способов действия в задаче.

**Метод анализа** – описательный анализ с элементами сравнения случаев – descriptive cross-case analysis (Miles, Huberman, 1994).

**Результаты**

В выборку попали только те испытуемые, которые полностью верно решили тестовые задания на этапе Обучения, то есть продемонстрировали владение необходимыми и достаточными навыками решения задач на тему “Метод интервалов”.

1. Были выделены этапы решения задач и возможные способы действия на каждом из них (Таблица 1). Дальнейший анализ происходил таким образом, что все действия испытуемых кодировались и считалось их количество. Разделение действий на группы: свернутые, алгоритмические и аналитические действия сделано для удобства дальнейшего обсуждения анализа. Мы не вкладываем в эти названия какую-либо теоретическую интерпретацию. *Свернутые действия* подразумевают скрытый от наблюдателя не развернутый вовне мыслительный процесс решения, итогом которого является конечный ответ, *алгоритмические действия* подразумевают последовательные вычисления и пошаговые действия, *аналитические действия* подразумевают анализ ситуации и гибкость используемого метода решения в зависимости от контекста.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Поиск корней | Нахождение области «неопределения» - Df | Отметки на прямой | Нахождение знака функции |
| Свернутые действия | * Отсутствует для наблюдателя
* Выписываются сразу
 | * Отсутствует для наблюдателя
* Выписывается сразу
 | * Отсутствует для наблюдателя
* Расставлены точки
 | * Отсутствует для наблюдателя
* Автоматически
 |
| Алгоритмические действия | Последовательные вычисления и применение формул* Дискриминанта
* теоремы Виета
 | Последовательные вычисления и применение формул | Выкалывание точек с учетом Df или знака неравенства | * Системы случаев из нескольких неравенств
* Подстановка значений в интервалы
 |
| Аналитические действия | Преобразования функций* Группировка
* Схема Безу
 | Преобразования функций, учет нескольких особенностей | Выкалывание областей, учет наложенных друг на друга Df | Метод интервалов: переход через точку |

*Таблица 1. Этапы решения задач на тему «Метод Интервалов» и возможные способы действия испытуемых на каждом этапе*

1. Были выделены различия в действиях экспертов и не-экспертов, независимо от успешности решения (Таблица 2). Исходя из Таблицы 2 можно отметить, что Гипотеза 1 подтвердилась.  А также то, что не-эксперты, в том числе с высокими AE используют другие способы действия, нежели эксперты (Гипотеза 2 не подтвердилась, метод интервалов использовал только один не-эксперт с максимальным AE). Из Таблицы 2 также можно заключить, что правильность выполнения задач не связана с выделенными нами способами решения, касающиеся специфики самого «Метода интервалов» (Гипотеза 3 не подтвердилась).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Поиск корней | Нахождение Df | Отметки на прямой | Нахождение знака функции |
| Эксперты | В квадратичных функциях используют **аналитические действия** | В сложных задачах - **свернутые действия**  | Отмечают на прямой больше, поскольку предыдущие этапы **свернуты** | В простых задачах **- свернутые действия,** в сложных **- метод интервалов.** |
| Не-эксперты | В квадратичных функциях используют **алгоритмические действия** | В сложных задачах - **алгоритмические и аналитические действия** | Отмечают на прямой меньше, поскольку производят вычисления на предыдущих этапах | В простых - **автоматически** расставляют на прямой или **подставляют значения в интервалы**.В сложных - **подстановка значений в интервалы**.**\*Испытуемый с максимальным AE использовал метод интервалов** |

*Таблица 2. Различия действий экспертов и не-экспертов на всех этапах решения в разных типах задач, независимо от успешности решения.*

1. Был получен дополнительный результат - были выделены *“сопровождающие действия”* (Таблица 3), которые в большей степени оказались связанными с показателями AE и RE. Корреляция Спирмена количества данного типа действий с показателями AE и RE составляет 0,47 и 0,46 соответственно, однако, в условиях малой выборки можно говорить о связи сопровождающих действий с показателями охвата верно решенных задач только на уровне тенденции. К *сопровождающим  действиям* относятся:
	* + различные преобразования с числами и функциями, которые не были нами целенаправленно актуализированы на этапе Обучения (учитель не рассказывал и не демонстрировал данные действия). В то же время, мы знаем, что в образовательной школьной программе данные навыки образуются в более раннем опыте, до прохождения “Метода интервалов”.
		+ действия, которые характеризуют анализ ситуации и выбор направления решения. В нашем случае, они ведут к положительному исходу (выбору оптимального направления решения с точки зрения наблюдателя математика-эксперта) и позволяют не производить лишних действий (где поиск решения не имеет смысла).

При этом стоит заметить, что без сопровождающих действий можно обойтись - они не являются обязательными для поиска верного решения. То есть, данные действия не связаны со спецификой метода интервалов: не ведут к прямому нахождению ответа на том или ином этапе решения (в отличие от выделенных выше типов способов действия). Они позволяют упростить манипуляции с математическими объектами и выбрать оптимальные направления решения, где задача имеет смысл.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Преобразования с иррациональными числами (сравнение и сокращение) | Преобразования функций (достраивание до квадрата, разность квадратов) | Df не влияет на вычисление знака | Рассмотрение случаев, где решение задачи имеет смысл | AE | RE | Количество сопровождающих действий |
| И1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0.32 | 0 |
| И2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.71 | 0 |
| И3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.56 | 0.62 | 1 |
| И4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.69 | 0.86 | 1 |
| И5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.55 | 0.92 | 2 |
| И6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.83 | 0.83 | 1 |
| И7 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0.86 | 0.86 | 4 |
| И8 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0.91 | 0.91 | 4 |
| Э1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0.98 | 0.98 | 5 |
| Э2 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0.96 | 0.96 | 7 |
|  | **Использование ранее сформированного опыта (до обучения Методу интервалов)****Интеграция** | **Уменьшение степеней свободы возможных действий****Координация** |  |  | Корреляция Спирмена = 0,47 с AE и 0,46 c RE |

*Таблица 3. Сопровождающие действия, не связанные напрямую с методом интервалов, но присутствующие у успешных решателей. (И-испытуемые не-эксперты, Э-эксперты).*

**Обсуждение результатов**

В нашем исследовании мы обнаружили различия между действиями экспертов и не-экспертов. Не-эксперты в решении задач использовали больше алгоритмические способы действия на разных этапах решения, а эксперты - аналитические и свернутые.

Кроме того, мы обнаружили, что не-эксперты при использовании свернутых или аналитических действий (как у экспертов) совершали ошибки в решении задач. По-видимому, для них к успешному решению блока задач (в смысле AE и RE) приводит:

* использование алгоритмических способов нахождения решений на тех или иных этапах задач. То есть, для того чтобы не-эксперт продемонстрировал как можно больше верно решенных задач из заданного блока, ему необходимо использовать способы действия, которыми он хорошо владеет, несмотря на то, что качественно эти способы действия могут представлять меньшую ценность для обучения.
* использование развернутого решения (не свернутые действия). Данный результат можно рассмотреть (по Выготскому) как необходимость экстернализации мышления с использованием внешних средств у не-экспертов до тех пор пока этот опыт недостаточно усвоен как у экспертов.

Нами был обнаружен дополнительный результат о том, что успешность выполнения задач (в смысле AE и RE) связана с использованием дополнительных сопровождающих процесс решение действиями, которые при этом не являются необходимым для поиска верного ответа, но присутствуют в опыте успешных решателей. Исходя из предложенной нами теоретической модели переноса научения, мы рассматриваем данный результат как: а) спонтанную актуализацию прошлого ранее сформированного опыта в текущем (интеграция прошлого опыта с текущим) и б) как уменьшение степеней свободы возможных действий внутри решения задачи (координацией актуализированного опыта, селекцией возможных действий, в соответствии с поставленной целью задачи) (по Бернштейну).

**Выводы**

По результатам нашего исследования можно сделать вывод о том, что успешность переноса научения может быть рассмотрена тремя разными способами: а) как охват верно решенных задач, б) как степень владения учащимся разного уровня способов решения задач, в) как результат интеграции текущего опыта с предыдущим и координации этого опыта с целью поиска оптимального решения задачи. Выбор того, что считать успешным переносом зависит от выбора целей обучения или фокуса научных исследований. В нашем исследовании мы рассматривали успешность переноса в смысле а) и обнаружили недостаточность данного критерия для того, чтобы говорить о качественной успешности обучения.

Исходя из предлагаемой нами теоретической модели переноса научения у субъекта, основанной на системном подходе, мы полагаем что критерии успешности научения в смысле а) и б) являются частным случаем успешности научения в смысле в).

Рассмотрение переноса научения в терминах формирования индивидуального опыта субъекта, и изучение функциональной системы, обеспечивающей то или иное наблюдаемое поведение в терминах совершаемых действий с объектами задачи кажется нам наиболее перспективным. Важно заметить, что подобный подход исключает какие-либо предварительные представления наблюдателя-эксперта о том, что знает или не знает субъект, какие типы стратегий мышления он использует (в отличие от большинства исследований научения и обучения). Для проведения будущих экспериментальных исследований нам представляется адекватным и возможным измерять успешность переноса научения выделяя действия, используемые решателями, их этапы и количество, без задаваемых извне содержательных интерпретаций. В качестве гипотезы, мы полагаем, что перенос по аналогии возникает на сходных по структуре и содержанию банках заданий, том случае, если их решение обслуживается сходной функциональной системой. Такая система, может быть представлена вычислительной моделью, использующей предлагаемые измеряемые параметры.

**Список литературы**

1. Александров И. О. Формирование структуры индивидуального знания// М.: Изд-во «Институт психологии РАН». –  2006. – 560 с.
2. Александров Ю. И. Дифференциация и развитие// Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма/сост. НИ Чуприкова. М.: Языки славянских культур. – 2009. – С. 17-28.
3. Александров Ю.И., Брушлинский А.В., Судаков К.В., Умрюхин Е.А., Системные аспекты психической деятельности.// М.: Эдиториал УРСС, 1999.  – 272 с.
4. Бернштейн Н.А. О построении движений// М: Медгиз –  1947.
5. Гибсон Дж., Экологический подход к зрительному восприятию// М: “Прогресс”, 1988.  –  464 с.
6. Спиридонов В. Ф., Логинов Н. И. Феномен переноса в решении мыслительных задач //Избранные разделы психологии научения. М.: Дело. – 2017. – С. 277-303.
7. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia for education and training //Adaptive technologies for training and education. – 2012. – Т. 46. – С. 46-68.
8. Chemero A. Radical embodied cognitive science.// MIT press – 2011.
9. Holyoak K. J., Novick L. R., Melz E. R. Component processes in analogical transfer: Mapping, pattern completion, and adaptation. // Ablex Publishing – 1994.
10. Holyoak K. J., Koh K. Surface and structural similarity in analogical transfer //Memory & cognition. – 1987. – Т. 15. – №. 4. – С. 332-340.
11. 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.
12. Novick, L. R., & Holyoak, K. J., Mathematical problem solving by analogy// Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition - 1991 - Т. 17(3) - С. 398–415.
13. Perkins D. N. et al. Transfer of learning //International encyclopedia of education. – 1992. – Т. 2. – С. 6452-6457.
14. 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.
15. 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.