

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА (на примере обучения математике в школе и вузе)*

Чухнов А. С.¹, старший преподаватель, ✉ septembreange@gmail.com
Поздняков С. Н.¹, доктор педагогических наук, ✉ pozdnkov@gmail.com

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина), ул. Профессора Попова, 5, корп. 3, 197376, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Развитие информационных технологий позволяет в процессе обучения фиксировать большой объем данных как о результатах выполнения учебных действий, так и относительно психофизических характеристик обучаемых. В связи с этим возникает ряд проблем этического, педагогического и методического характера. Среди них несоразмерность управляющих действий объему и свойствам извлекаемой при мониторинге информации и проблемы, связанные с обеспечением информационной безопасности обучаемого.

В отличие от мониторинга природных явлений мониторинг управления обучением имеет в качестве объекта обучения человека, которого можно рассматривать с точки зрения управления как высокоорганизованную информационную систему. Статья посвящена изучению проблемы неинвазивного мониторинга, предполагающего перенаправление большей части мониторинговой информации самому обучаемому. В качестве определения неинвазивного мониторинга предлагается следующее: неинвазивный мониторинг является видом педагогической обратной связи, который используется исключительно для коррекции действий обучаемого и запрещен к использованию для контроля результативности и передачи результатов вовне.

В статье проанализированы 15 различных парадигм обучения, которых явно или неявно придерживаются преподаватели, организуя учебный процесс, с точки зрения соответствия задачам неинвазивного мониторинга. Также проанализированы методические аспекты реализации неинвазивного мониторинга с точки зрения компьютерной поддержки процесса обучения. Показано, как неинвазивный мониторинг может быть поддержан программными средствами, обеспечивающими активное взаимодействие обучаемого с предметной средой и дающими преподавателю большую свободу в планировании и достижении стратегических целей управления учебным процессом.

Ключевые слова: педагогическая обратная связь, неинвазивный мониторинг учебного процесса, цифровые технологии, педагогические парадигмы, обучение математике.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-013-01130: Разработка «неинвазивных» средств мониторинга учебного процесса для анализа продуктивности учебной деятельности на примере обучения математике

Цитирование: Чухнов А. С., Поздняков С. Н. Педагогические и методические аспекты неинвазивного мониторинга (на примере обучения математике в школе и вузе) // Компьютерные инструменты в образовании. 2020. № 4. С. 113–145. doi: 10.32603/2071-2340-2020-4-113-145

Истинная свобода интеллектуальна, она основывается на воспитанной силе мысли, на умении «перевертывать вещи со всех сторон».

Дж. Дьюи

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационных технологий позволяет в процессе обучения фиксировать большой объем данных как о результатах выполнения учебных операций, так и о психофизических характеристиках обучаемых. В связи с этим возникает ряд проблем этического, педагогического и методического характера. Среди них:

1. Несоразмерность управляющих действий объему и свойствам извлекаемой при мониторинге информации.
2. Проблемы, связанные с информационной охраной обучаемого.

Таким образом, возникает задача, которая раньше не рассматривалась: ограничить характер и объем извлекаемой информации из сеансов взаимодействия с учеником так, чтобы не принести вред личности человека посредством неправильного использования или плохого хранения этой информации.

Обратимся к исходной задаче мониторинга: на основе регулярного получения информации от объекта обеспечить управление некоторым процессом. В отличие от, например, мониторинга природных явлений мониторинг управления обучением имеет в качестве объекта обучения человека, которого можно рассматривать с точки зрения управления как высокоорганизованную информационную систему.

Нельзя ли использовать эти особенности объекта управления, чтобы большую часть мониторинговой информации передавать самому объекту, поддерживая его возможности для самоуправления?

Изучению этих возможностей посвящено направление неинвазивного мониторинга. Разделим задачи управления и самоуправления на две:

1. Управление передачей общекультурных ценностей (цель педагогики). Использование механизмов, существующих в контексте общественных и не всегда явно формулируемых целей. Заметим, что математическое доказательство во многом относится к этой категории, так как понятие строгости и обоснованности имеет конкретно-исторический характер [1].
2. Управление передачей предметных знаний и умений. В этом случае критерием истинности является сущность предмета, или более общо, законы природы, и теоретически нет препятствий тому, чтобы организовать передачу знаний без использования в качестве посредника человека. Это означает, что и мониторинг этих знаний можно осуществлять в рамках поддержки самоуправления обучением.

Остановимся сначала на организации неинвазивного мониторинга при организации передачи предметных знаний (на примере математики). Отметим, что не все математические знания будут укладываться в эту схему, поэтому направления 1) и 2) являются тесно связанными.

Так, например, задача передачи приемов умственной деятельности находится где-то между двумя выделенными выше задачами: с одной стороны, она несомненно связана с передачей культурных ценностей, с другой, — связана с передачей конкретных знаний посредством демонстрации примеров того, как эти знания возникают и существуют в сообществах людей. Для такого рода передачи знаний мониторинг не нужен, важно обеспечить наиболее эффективное взаимодействие обучаемых с носителями знаний и культурных ценностей, о чем подробнее будет сказано ниже.

Можно выделить следующую цепочку сущностей в передаче предметных знаний.

Передача или формирование представлений, связанных с новой теоретической идеей

Как правило, эти представления базируются на уже имеющихся у человека представлениях. Здесь сторонники максимального внешнего контроля скажут, что нужно протестировать студентов и выяснить, какой у них стиль мышления, какие “полушария” преобладают и пр. В то же время, даже если бы все эти характеристики были точно известны, не существует значимо отличающихся методик для обучения разных категорий студентов, хотя психологами выделены стили мышления [2] и имеются учебники, ориентированные как на математический, так и на гуманитарный склад ума [3, 4]. В то же время, если учесть сложную структуру человеческого “я”, можно предположить, что у каждого человека присутствуют разные стили мышления одновременно, и разные предметы и преподаватели своим стилем обучения индуцируют тот или иной ответный стиль мышления. В рамках этого предположения нет большого смысла фиксировать особенности мышления, которые так или иначе будут привязаны к способу выявления этих особенностей, а не к способу усвоения предметных идей, мало связанных с содержанием тестов. Вывод: не использовать специальные средства для мониторинга, а ориентироваться на тот предметный материал, который и является целью обучения.

Можно ли опираться на представления студента, которых мы не знаем? Основываясь на каждодневной практике педагогической работы, можно ответить на этот вопрос положительно: действительно, как писали многие педагоги-математики [5], знания от разбирающегося в математике учителя каким-то непостижимым образом передаются его ученикам (видимо, независимо от особенностей их стиля мышления).

Предположительно, в этом процессе участвуют такие методические приёмы, как, например, приведение примеров и контрпримеров, которые вызывают действие механизмов, привязанных к базовым представлениям студента (своим у каждого студента). Подобные приёмы гарантированно приводят к нужному эффекту — образованию связей новых идей с имеющимися представлениями — у каждого из студентов. Никакой прямой мониторинг этих связей выявить не сможет, так как внутренние представления не формализованы для внешнего представления. Более того, часть из них может быть не вербализована, и попытка их выявить, чтобы потом использовать, может оказаться более трудоёмкой, чем использование приведенных выше методических приёмов, которые будут работать для всех обучающихся. В то же время, у каждого человека есть механизм, который определяет результат этой передачи знаний. Это внутреннее удовлетворение, удовольствие от понимания, ощущение радости от мыслительной деятельности. Казалось бы, этот эффект можно зафиксировать анкетированием, однако если анкетировать студента на предмет наличия такой реакции, то в ответах будет преобладать информационный шум, вызванный тем, что студенты не привыкли к самоанализу, а также и из-за боязни наказания за неусвоенные знания (наказание здесь используется в терминах машинного обучения, то есть любая реакция на выявленное недостижение цели). Следовательно, сде-

лать вывод об успешности передачи знаний можно только по эмоциональному состоянию аудитории, которое опять же будет искажаться при попытке измерения (здесь вполне работает принцип неопределенности из квантовой механики — любое измерение влияет на измеряемую характеристику). Опытный педагог всегда чувствует эмоциональный отклик аудитории, и, по-видимому, он должен оставаться достоянием педагога и ученика, так как явное выявление эмоционального состояния обучаемых должно являться объектом охраны прав личности, и от сбора подобной информации лучше отказаться.

2. ПРОБЛЕМА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ОБУЧЕНИИ

Рассмотрим неинвазивный мониторинг как мониторинг, обращенный внутрь, а не вовне, то есть на самого студента. Будем придерживаться концепции, что предоставление некоторой информации самому студенту позволит использовать рефлексии для овладения учеником или студентом своими мыслительными механизмами и даст учителю новые возможности для управления учебным процессом. В некотором смысле для преподавателя это будет переход на более высокий уровень управления: вместо того чтобы быть простым “проверяльщиком” результатов выполнения типовых заданий, часть из которых будет сделана по шаблону и не будет отражать мыслительных процессов ученика, учитель сможет формировать стратегии обучения, в большей степени уделяя внимание продуктивным аспектам обучения, освобождая время от рутинной работы для содержательного общения с обучаемыми.

Рассмотрим основные работы, связанные с проблемами организации обратной связи с педагогической и методической точек зрения.

В качестве основы рассмотрим обзорную работу А. А. Коренева «Обратная связь в обучении и педагогическом общении», в которой дан анализ развития идей относительно сущности и организации обратной связи [6].

Проведем вместе с автором этой статьи анализ точек зрения на обратную связь, акцентируя внимание на интересующих нас аспектах и комментируя их с точки зрения концепции неинвазивного мониторинга. Ключевые положения будем выделять жирным курсивом.

Автор приводит цитаты из работ [7, 8], в которых авторы связывают обратную связь со способностью *«самостоятельно поддерживать (в определенных пределах) нормальный процесс жизни и линию поведения в изменяющихся условиях»* [7], то есть со способностью к адаптации, саморазвитию. А все межличностное общение преподавателя и студентов образует единую целостную систему, является проявлением причинно-следственной связи, в которой *«обратная связь представляет собой причину и обуславливает дальнейшие действия субъектов»* [8].

Этот аспект обратной связи стал наиболее актуальным в настоящее время, когда приходящие в вуз студенты гораздо менее самостоятельны и менее готовы принимать решения по сравнению со студентами, которые приходили в вуз двадцать и более лет назад. Таким образом, включение студентов в процесс управления собственной учебной деятельностью стал актуальной педагогической задачей.

Далее [6, с. 117] Корнев цитирует работу [9], в которой обращает внимание на контролирующую и корректирующую функции обратной связи: «Наиболее широкое определение обратной связи в данном понимании приводится в работе О. Д. Лукьяненко: “обратное влияние педагогической системы (и процесса обучения, в частности) на саму себя, вследствие чего изменяются все компоненты данной системы” [9]. *О. Д. Лукьянен-*

ко подчеркивает контролирующую и корректирующую функции обратной связи. Интересно, что при этом в приводимых работах почти **не уделяется внимания той обратной связи, которую должен предоставлять преподаватель студентам на регулярной основе**».

В цитируемой работе показано, что проблеме обратной связи как способу управления самостоятельной деятельностью уделяется мало внимания, таким образом, поставленная нами задача изучения неинвазивного мониторинга является актуальной. На примере этой и следующей цитируемой статьи видна цель введения термина "неинвазивный мониторинг" вместо более общего "обратная связь". В этих работах, посвященных обратной связи, вместе с корректирующей функцией указывается и контролирующая, которая по нашему мнению кардинально противоречит идее неинвазивного мониторинга. Запрет соединения контролирующей функции с корректирующей в неинвазивном мониторинге объясняется тем, что контроль предполагает сбор информации для передачи вовне, который потенциально может быть использован явно или неявно во вред обучаемому, в то время как он не играет никакой роли для управления учебным процессом непосредственно преподавателем.

Следует заметить, что подобные соединения типичны и для других работ, изучающих обратную связь в процессе обучения. Так в работе [10, с. 81], в которой дано более широкое определение обратной связи, опять смешиваются две функции обратной связи — использование обратной связи для управления учебным процессом в отношении преподаватель—ученик и использование внешних структур для управления этим процессом: **«информация, сообщаемая субъектом (учителем, сверстником, родителем... самим обучаемым) об аспектах чьей-то деятельности и понимания»**.

Далее [6, с. 117–118] Коренев обращается к работам, связывающим процесс осмысления материала с особенностями обратной связи:

«Американский ученый Р. Кулхави еще в 1977 г. доказал, что если изучаемый материал является непонятным, то обратная связь является малоэффективной, так как не происходит сопоставления новой информации с уже известной. Также он отметил, что обратная связь сама по себе не обязательно ведет к какому-то действию, все зависит от качества и характеристик обратной связи в каждом случае. Обобщив 7000 исследований на тему обратной связи, Дж. Хэтти и Х. Тимперли делают вывод, что **наиболее сильным эффектом обладает обратная связь, в которой есть информация о выполняемом задании и о том, как его лучше выполнить, а меньшей эффективностью обладают обобщенные похвала, вознаграждение и наказание**».

Приведенные результаты показывают, что даже неинвазивный мониторинг может оказаться неэффективным, если будет оторван от процесса осмысления передаваемой информации. Рассматривая неинвазивный мониторинг как систему педагогических и методических средств поддержки самостоятельности и управления собственной учебной деятельностью, рефлексии и активизации различных психологических механизмов, на которых базируется "принятие" знаний обучаемым, следует включить в него и наблюдения преподавателя за представлением новых предметных идей ученикам. Приведем аналогию с использованием устройств зондирования в геологических целях, которые посылают волну, а затем анализируют отраженный сигнал. Такой мониторинг можно считать неинвазивным, так как воздействие на изучаемый геологический слой минимально. Объясняя новый материал, преподаватель также использует различные способы представления новой информации как способ зондирования степени понимания его учениками. Преподаватель обычно дублирует изложение новой идеи, используя разные

формы её представления: использует физические интерпретации, конструирует умо-зрительные модели, показывает частные случаи и связи с другими понятиями, учит оперированию с новым объектом, экспериментировать с компьютерными артефактами. При этом он сознательно или подсознательно ожидает “резонанса” — момента, когда почувствует отклик аудитории в осознании новой идеи. Даже небольшое количество учеников, понявших (и принявших) новую идею, может оказаться достаточным, так как этим будет “доказан” факт потенциальной возможности осмысления новой идеи. Остальные ученики или студенты после этого смогут “примерить осмысление на себя”, смоделировать процесс осознания, что сузит степень неопределенности в восприятии нового материала и даст новый стимул к его осмыслению.

В статье [6, с. 118] автор обращает внимание, что термин обратная связь часто интерпретируется неоднозначно: как информация, которую получает преподаватель (либо другие лица и органы) посредством анкетирования студентов, либо как информация, которую получает на регулярной основе студент от преподавателя. Автор предлагает использовать термин “педагогическая обратная связь” для обратной связи, которую получают учащиеся (студенты), и “академическая обратная связь”, говоря об обратной связи, которую сообщают студенты (ученики) или другие участники педагогического процесса о самом процессе, содержании, методах, формах и средствах обучения.

С нашей точки зрения термин “педагогическая обратная связь” интуитивно не кажется понятным, но за отсутствием общепринятого будем далее пользоваться этой терминологией. Кристаллизуя постепенно понятие неинвазивного мониторинга, можно отметить, что неинвазивный мониторинг является видом педагогической обратной связи, который предполагает охрану информации, передаваемой обучаемому, используемую исключительно для коррекции его действий и запрещенную к использованию для контроля результативности и передачи результатов вовне.

Далее [6, с. 119] автор отмечает отсутствие внимания к педагогической обратной связи в существующих регулирующих образовательный процесс документах:

«К сожалению, умение предоставлять качественную педагогическую обратную связь не находит должного отражения в отечественных регулирующих документах. Так, в профессиональном стандарте “Педагог” среди целевых умений можно увидеть умение “объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования и других методов контроля в соответствии с реальными учебными возможностями детей” и “осуществлять контрольно-оценочную деятельность в образовательном процессе”, но ничего не сказано о том, каким образом получаемая в ходе данной контрольно-оценочной деятельности информация должна сообщаться учащимся и использоваться для повышения эффективности образовательного процесса. **Таким образом, можно говорить о серьезном смещении фокуса в процессе оценивания с личности учащегося на формальную необходимость оценки качества образовательного процесса и о недостаточном отражении обучающей и мотивирующей функции контроля**».

В этом абзаце выражена мысль, с которой в её критической части мы полностью согласны, однако термин “контроль” в сочетании со словами “обучающая и мотивирующая функция” считаем неправильным. Возможно, автор использует термин “контроль” так, как он используется в англоязычной литературе “control”, то есть “управление”. В такой интерпретации, а именно “о недостаточном отражении обучающей и мотивирующей функций управления”, утверждение получает иной смысл, с которым мы полностью согласны. Действительно, в документах управления школьным образованием функции контроля как контроля извне гиперболизированы, в то время как функции мотивирования, управления и самоуправления игнорируются.

Очень важный с рассматриваемых в этой статье позиций аспект представлен в цитируемой автором [6, с. 119] работе [11]:

«Искренний, предметный и открытый диалог также позволяет добиваться **высокого уровня эпистемического доверия между педагогом и учащимся, для которого должны выполняться два важных параметра информанта: правдивое знание о предмете (или о мире) и способность быть полезным для информируемого**».

Неинвазивный мониторинг как антитеза контролю непременно ведет к акцентированию вопроса общения преподавателя со студентом (учителя с учеником). Повышение статуса педагога — это обязательное условие реализации неинвазивного мониторинга, так как в концепции неинвазивного мониторинга основное взаимодействие осуществляется между педагогом и учеником, и именно на поддержание эффективности этого взаимодействия должны ориентироваться регулирующие документы и управляющие воздействия организаций (например средств массовой информации), формирующих общественное мнение.

Другой важный аспект [6, с. 122] обратной связи — это длительность времени между действием обучаемого и реакцией на него: «Анализ многочисленных исследований [10] показывает, что в ситуации общения в классе **отсроченная обратная связь более полезна, когда наиболее важным является результат выполнения задания**, в то время как **немедленная обратная связь более полезна для привлечения внимания к самому процессу выполнения задания**».

Роль отсроченной обратной связи состоит в том, что даже отсутствие мониторинга не препятствует овладению материалом, если не стоит задача активизировать деятельность ученика. Действительно, известно много случаев, когда ученик, не проявляющий большой активности, адекватно воспринимает материал и успевает осмыслить его в процессе изложения учителем. В то же время, рекомендуемая стратегия активного воздействия на учеников со стороны учителя, когда он в течение урока задает высокий темп общения, может отрицательно сказаться на долговременных результатах, так как ученик не успевает осмысливать материал, а настраивается на сиюминутный диалог, связанный с навязываемым учителем подходом к решению, запоминанием ненужных деталей решения конкретной задачи. Это говорит о том, что обратная связь в направлении от ученика к учителю (это в статье предложено называть академической обратной связью) может являться препятствием для осмысления материала по сравнению с «педагогической обратной связью». Здесь отметим ещё одно отличие неинвазивного мониторинга от мониторинга результатов учебной деятельности, который обычно так и понимается органами управления образованием: неинвазивный мониторинг — это помощь ученику в освоении нового материала, его «потребителем» является ученик, в то же время «потребителем» мониторинга результатов учебной деятельности являются органы управления образованием, поэтому для учеников и учителей такой мониторинг связан с оценкой их социального статуса и является предпосылкой стрессовых состояний у тех и других.

Для рассматриваемой проблемы важным является вывод автора [6, с. 123] о роли конструктивных элементов: «Представляется, что любая педагогическая обратная связь должна быть конкретной и способствовать обучению, а следовательно, может сочетать в себе элементы позитивной и негативной, а также **обязательно включать в себя конструктивные элементы**».

Известно, что в математике есть различные способы представления новых идей. Один из них, называемый конструктивным, предполагает, что доказательство некоторого факта решается не от противного, когда из несуществования выводится противоречие, а пря-

мым построением решения. Использование конструктивных задач позволяет следить за процессом построения решения и реагировать на те или иные действия до окончания всего построения, то есть реагировать на частичные решения.

Заметим, что развитие систем дистанционного обучения придало простым тестовым средствам контроля непропорциональную значимость. Руководители образовательных учреждений считают, что наличие курса, снабженного тестами для оценки различного уровня знаний, обеспечивает качественные результаты обучения. Что хуже, сами студенты начинают оценивать себя на основе прохождения подобных тестов, которые не только не предоставляют содержательной обратной связи, но часто формируют ложные стратегии обучения, препятствующие смысловому овладению знаниями (особенно математическими). Тезис о роли конструктивных элементов чрезвычайно важен для концепции неинвазивного мониторинга, так как указывает на важный сущностный аспект передачи смысловых знаний. Ниже будет обсуждена роль конструктивных задач в организации неинвазивного мониторинга.

Должна ли реакция на те или иные действия быть персонально направлена или же следует ограничиться обобщенной реакцией, обращенной к виртуальному усредненному ученику? Здесь представляет интерес работа [10], в которой этот аспект связывается с культурными традициями страны: «С этой же проблемой можно столкнуться при разделении обратной связи на *индивидуальную* и *групповую*, в силу специфики восприятия обратной связи в разных культурах. Известно, что групповая обратная связь может не восприниматься учащимися из индивидуалистических культур, в то время как учащиеся из стран Азии могут предпочитать данный тип обратной связи, так как индивидуальная обратная связь, особенно данная в присутствии других учащихся, может вызывать у них чувство неловкости [Hattie, Timperley, 2007]. Данный вывод представляется интересным, так как в более ранних исследованиях, проводимых на Западе, отмечалось, что обратная связь, высказанная группе, менее эффективна, потому что учащийся может решить, что она относится не к нему лично» [6, с. 123].

Выделение индивидуального и группового видов обратной связи важно для нашей работы не столько с точки зрения традиционных культур, сколько с точки зрения охраны персональной информации. Групповая реакция даёт преподавателю достаточную информацию для управления такими видами учебных занятий как лекция, объяснение нового материала в классе. Обычно в аудитории есть несколько человек, готовых выступить от имени группы. Эта реакция не обязательно типична, но позволяет использовать приемы диалога, которые лучше понимаются аудиторией. Таким образом, для управления подобным видом учебной деятельности индивидуальная реакция просто не нужна.

Следует обратить внимание ещё на один вывод автора:

«Соотнесение обратной связи с заданием и определенными действиями учащегося фактически **превращают педагогическую обратную связь в средство обучения**, позволяя учащемуся выявить несоответствия между требованиями задания, идеальным результатом и своими действиями. Соответственно, принципиально важным для качества обратной связи становится **понимание учащимися сути задания и критериев оценивания**. В связи с этим следует заранее знакомить учащихся с критериями оценивания и идеальными (хорошими) образцами выполнения задания. Это позволит им лучше соотнести собственную работу с данными критериями и образцами и лучше систематизировать полученную обратную связь» [6, с. 12–124].

Именно превращение обратной связи в средство обучения является целью разработки концепции неинвазивного мониторинга, который должен точно определять, какая

информация нужна для эффективного взаимодействия учителя и ученика, и противопоставить такой мониторинг сложившемуся контролю извне, когда собирается избыточная информация, которая может нанести вред как ученику, так и учителю даже при непреднамеренном или случайном неаккуратном использовании собранной информации. Этот вывод хорошо коррелирует с концепцией компьютерной поддержки неинвазивного мониторинга, описанной ниже.

3. ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА

За основу анализа возьмем положения, представленные в монографии «Информационная среда обучения» [12], написанной с участием одного из авторов статьи.

Для конструирования информационной среды обучения авторы считают существенным обеспечение познавательной свободы и развития обучаемого. Рассматривается принцип самостоятельности, который определяет мотивационно-потребностную сторону организации и проведения учебного процесса и принцип самоорганизации, который определяет операционно-деятельностную сторону этого процесса.

3.1. Принцип самостоятельности

Л. М. Фридман [13, с. 21] отмечает следующее противоречие между учебной и игровой видами деятельности: «Трудовой деятельности человека предшествуют два основных вида деятельности: игровая и учебная. Игровая деятельность, которая является ведущей, основной для дошкольного возраста, имеет полностью самостоятельный характер. Ребенок играет с игрушками в ролевые игры не потому, что его заставляют, не потому, что он ждет за игру какого-то вознаграждения, какой-то выгоды или награды, оценки, а потому, что в игре он удовлетворяет самые сильные свои потребности. Вне игры, без игры развитие и сама нормальная жизнь ребенка-дошкольника в настоящее время невозможны. Но следующая за игрой учебная деятельность уже не является самостоятельной. В то же время существует общественная потребность, чтобы следующая за учебной деятельностью — труд взрослого — носила самостоятельный характер».

Объясняя причины возникновения этого противоречия Д. Б. Эльконин писал [14, с. 53]: «...развитие производства, усложнение орудий труда приводили к тому, что, прежде чем принять участие в совместной со взрослыми, наиболее важной и ответственной трудовой деятельности, дети должны были овладеть этими орудиями труда... Возникает такое положение, при котором ребенка нельзя учить овладению орудиями труда в силу их сложности, а также в силу того, что возникшее разделение труда создает возможность выбора будущей деятельности, не определяемой однозначно деятельностью родителей. Появляется своеобразный период, когда дети предоставляются самим себе. Возникают детские сообщества, в которых дети живут хотя и освобожденные от забот о собственном пропитании, но органически связанные с жизнью общества. В этих детских сообществах и начинает господствовать игра».

Анализируя историю возникновения учебной деятельности, Л. М. Фридман пишет [13, с. 20]:

«Эта учебная деятельность исторически сложилась не как свободная, не как творческая самостоятельность учащихся, а как деятельность, которая осуществляется ими под прямым или косвенным принуждением взрослых. На первых порах развития учебного процесса это принуждение было откровенно прямым, зачастую принимавшим форму

физического принуждения. Постепенно это принуждение принимало более скрытую, завуалированную форму, но до сих пор учебная деятельность не стала для учащихся свободной, творческой самодеятельностью.

Возникновению и развитию именно такого характера учебной деятельности способствовали некоторые объективные особенности процесса обучения. Во-первых, цели и содержание обучения всегда задаются как бы “сверху”, взрослыми, и обучаемые вынуждены принимать эти цели и содержание... Во-вторых, в отличие от игры, в обучении дети не могут быть предоставлены самим себе, взрослые (учителя) должны принимать непосредственное, прямое участие в учебном процессе и осуществлять явное руководство этим процессом».

Итак, с одной стороны, ребенок не имеет возможности “играть с настоящими орудиями труда”, с другой стороны, история учебного процесса не имеет опыта “игрового”, то есть самодеятельного овладения знаниями.

В современных условиях трудовая деятельность существенно изменилась, массово появились виды работы, связанные с виртуальными (нематериальными) объектами, обработкой и передачей данных. Орудия труда стали более простыми за счет того, что появилась возможность автоматизировать многие процессы и использовать элементы искусственного интеллекта, превращая орудия труда в доступные ребёнку инструменты. Так Симур Папертт рассказывал, что его внук осваивал географию, “летая” на тренажёре, созданном для пилотов самолётов.

Роль информационной среды в решении этого противоречия очевидна. Необходимо создать модель “настолевых орудий труда” и дать возможность реализовать в полной мере мотивы познания окружающего мира. Заметим, что информатизация общества влечет появление нового вида орудий труда — информационных орудий. Овладение ими равно доступно взрослым и детям.

Авторы [12] отмечают «...специально конструируемые информационные среды могут неявно включать в себя планируемые цели обучения и в некоторой (операционной) форме представлять содержательные знания. Ученик, обучающийся в такой среде, может работать сам или с помощью учителя. Роль учителя здесь не связана с принуждением. Скорее, это роль, которую исполняет в игре более опытный ребенок, — демонстрация приемов игры, инициирование ее начала и паритетное участие. Эту роль учителя можно для определенности назвать ролью тьютора или соучастника.

Таким образом, концепция информационной среды заполняет брешь между внутренней тягой ребенка к самостоятельной познавательной деятельности и сложностью общественнозначимой деятельности и орудий труда».

Таким образом, можно утверждать, что цифровизация общества делает актуальной проблему самодеятельности ученика. Поддержка самодеятельности связана с самостоятельной организацией своей деятельности. Приведём ещё одну цитату из работы [12]:

«Принцип самоорганизации»

Как отмечалось выше, принцип самоорганизации подразумевает самостоятельную учебную деятельность ребенка. Тезисно он звучит так: “... знания в собственном смысле слова сообщить невозможно. Можно их человеку предложить, подсказать, но овладеть ими он должен путем собственной деятельности”. Большую роль в самоорганизации играет рефлексия.

Обучение любому учебному предмету следует рассматривать как обучение учащихся собственной деятельности по изучению и овладению содержанием учебного предмета.

На понятии рефлексии строит свою идеологию введения компьютера в учебный процесс ученик Ж. Пиаже известный психолог и апологет информатики С. Папер. В своей книге [15, с. 29] он пишет: “При обучении компьютера, как тому “думать”, дети приобщаются к исследованию, как думают они сами. Опыт подобного исследования действует возбуждающе: мышление о мышлении превращает ребенка в эпистемолога, в исследователя способов познания, таким опытом обладает далеко не всякий взрослый”.

Под “обучением компьютера” здесь понимается управление “исполнителем” или иными словами, программирование в предметной среде.

Чтобы сделать идею еще более ясной, рассмотрим ее на примере работы в планиметрической среде “Geometer’s Sketchpad” [16]. Решая задачу на построение, ученик создает объект, используя команды среды. Получившийся чертеж олицетворяет алгоритм построения. Этот алгоритм можно отделить от результата, применить к другим исходным элементарным объектам, просмотреть по шагам, соединить с другим алгоритмом и прочее.

Таким образом, наличие среды, допускающей программирование, обеспечивает ученику необходимую для самоорганизации рефлексию».

Выделив принципы самодеятельности и самоорганизации, авторы [12] рассматривают ряд парадигм, которыми руководствуется учитель в школе или преподаватель в вузе. Перечень этих парадигм гораздо шире, чем те принципы, которые заложены в системах электронного обучения, получающих все более широкое распространение. Сужение представлений о функциях учителя приводит к упрощенному взгляду на роль учителя и выхолащивает из учебного процесса существующие в реальном учебном процессе важные педагогические элементы. Дадим анализ представленных в книге [12] парадигм обучения с точки зрения развития понятия неинвазивного мониторинга.

3.2. Педагогические парадигмы

Большое значение на атмосферу урока оказывают педагогические парадигмы учителя. Приведем перечень типичных взглядов на процесс обучения, индуцируемых явно или скрытно правилами взаимодействия учителя и ученика, и проанализируем отношения между этими парадигмами и концепцией неинвазивного мониторинга. В деятельности педагога обычно сочетается несколько различных парадигм, связанных с различными педагогическими задачами, которые объективно стоят перед ним. Каждая парадигма опирается на некоторые объективные социально-психологические механизмы [12].

А. Парадигма проблемного обучения: “новое знание образуется только после осознания противоречия между системой знаний и фактом, в нее не укладывающимся”.

Эта парадигма основывается на инициировании адаптационных механизмов, существующих у каждого живого организма, обладающего развитой нервной системой: если есть противоречие между ожидаемым и реальным, нужно срочно менять модель окружающего мира, чтобы лучше адаптироваться к ситуации.

Как преподаватель может управлять (контролировать) процессом проблемного обучения?

Методических средств контроля за психическими процессами нет. Осознание противоречия может быть выражено эмоционально, например в основе анекдота лежит именно осознание противоречия между преамбулой описания ситуации и развязкой, которая не ожидается слушателем. Имеет ли преподаватель право фиксировать эмоции,

которые человек не хочет выражать? Будем стоять на позиции охраны прав личности на неприкосновенность своего эмоционального состояния (заметим, что в поведенческий кодекс истинного англичанина входит умение скрывать свои эмоции). Следовательно, можно считать, что для некоторых педагогических действий преподавателя нет допустимых инструментов мониторинга и может быть получена только групповая реакция, за которой может “спрятаться” ученик, не разделяющий этих эмоций. Такой реакцией является общий смех слушателей анекдота, в том числе и тех, кто уже его слышал или не понял. Этот анализ говорит о роли групповых занятий, причем именно очно-групповых, когда каждый преподаватель не имеет средств выделения каждого человека из группы, и ему доступна только интегральная реакция.

Б. Парадигма конспектирования: “переписьвание материала концентрирует на нем внимание, заставляет осмысливать связи между словами, а значит, и между понятиями ими выраженными”.

Эта парадигма кажется наиболее неподходящей для текущей ситуации, когда компьютерные средства поиска, компиляции и редактирования позволяют почти что автоматизировать создание конспекта. Однако это ощущение может возникнуть только если мы возьмем простой вариант мониторинга — написан конспект или нет. Действительно, чаще всего именно такой вариант мониторинга использовался в доцифровую эпоху. Опытные преподаватели при этом легко представят облик круглой отличницы или отличника, которые успешно выполняют подобные работы, получают пятерки, но их товарищи по классу не считают их “умными”, в то время как в любом классе есть ученики, отлично разбирающиеся в том или ином предмете, но далеко не отличники.

Если вернуться к исходной цели конспектирования, то суть этого метода в том, чтобы побудить человека переосмыслить материал и изложить его своими словами. Можно ли использовать этот метод сейчас и как им управлять? Нетрудно видеть, что в сети активно развиваются сообщества по интересам, в которых его участники стараются “своими словами” объяснить друг другу непонятные вопросы. Так устроена википедия, ресурс хабрахабр, не говоря о множестве форумов. Внедрение проектного метода предполагает подготовку презентаций и выступление по ним с докладами. Таким образом, метод конспектирования только получил большее развитие. Управление и контроль за результатами может осуществляться через рецензирование представленных работ, вопросы докладчику. Нужно ли ставить оценку за такое выступление? Неинвазивный мониторинг полагает, что достаточно обратной связи, которую дает рецензирование и реакция слушателей (если конференция правильно организована). Таким образом, вопрос мониторинга сводится к правильной организации подготовки и представлению докладов и имеет внутренний характер, то есть сам процесс является самоуправляемой структурой и не требует “поднятия” параметров этого процесса “наверх” для внешнего управления.

В. Парадигма исследования: “абстрактными понятиями, закономерностями можно овладеть в процессе самостоятельности с реальными объектами, опосредующими эти понятия и законы”.

Эта парадигма всегда вызывала серьезные трудности для реализации в педагогическом процессе. Причин несколько, одна из них состоит в том, что реальный исследовательский процесс имеет много промежуточных стадий, разветвлений, заходов в тупики и протекает в течение лет, а то и десятилетий. Поэтому в учебном процессе может существовать только адаптированный вариант, когда ученика ведут по линии исследования, корректируя его действия, либо сужают область исследования так, чтобы ученик смог

сам разобраться с поставленной задачей за разумное время. Таким образом, реальная педагогическая цель состоит не в познании мира через исследование, а в понимании на своем опыте, что такое исследование. В качестве примера можно привести книгу Поля Сегё «Задачи и теоремы математического анализа» [17], которая являлась средством введения аспирантов в некоторую достаточно узкую предметную область, представленную упорядоченным рядом математических задач, каждая из которых являлась небольшим шагом большого исследования. Впоследствии эта идея широко использовалась в математических кружках, заменяя чтение книг по определенной теме решением серий задач. Этот метод является и поныне наиболее успешным для работы со школьниками, мотивированными к занятиям математикой. Мониторинг этой деятельности внешне прост — решил / не решил очередную задачу. В то же время известно, что некоторые кружки, работающие по этой методике, рождают на выходе заинтересованных студентов математических факультетов, а из других кружков ученики уходят, чтобы больше никогда не заниматься серьезной математикой. Очевидно проблема именно в мониторинге. В первом случае преподаватели его фактически не используют, точнее, используют его для самоконтроля (самомониторинга), во втором — афишируют результаты и используют их как средство давления на учеников.

Как в этой ситуации должен интерпретироваться неинвазивный мониторинг? Прежде всего, нужно выделить в кружковой деятельности ученика два аспекта:

- 1) самостоятельное решение задачи,
- 2) получение новых идей, в том числе, и изучение того, как другие участники кружка решают эту задачу.

В проведенном выше умозрительном примере второго преподавателя интересовал только первый аспект работы ученика. Такой подход, который можно назвать «олимпийско-спортивным» в худшем понимании этого словосочетания, предполагает, что в каждой группе будет выделяться небольшая подгруппа, которая будет утверждать свое «я» за счет оставшейся части.

Неинвазивный мониторинг предполагает поддержку второго аспекта. Это может быть выражено в оценке работ участников кружка по внутренней олимпиаде, включающей не только новые, но и ранее изученные задачи. Другой вариант — решение индивидуальных комплектов задач, которые мало отличаются от тех, что разбираются на занятиях. Разумеется, такой способ проверки уже не будет проверкой готовности учеников к решению необычных задач, то есть это не будет мониторингом исследовательского подхода, но проведенный анализ показывает, что этот подход относится к методам обучения, плохо поддающимся обычному мониторингу, и это надо принять как данное. Что касается выявления одаренных к данной деятельности учеников, то для этого не нужны специальные методы.

Г. Парадигма программированного обучения: «главное в обучении — обратная связь; своевременные реакции на действия ученика позволяют ему обучаться в нужном темпе и с требуемой детализацией».

Как уже говорилось выше, обратная связь рассматривается нами как основная составляющая неинвазивного мониторинга. В то же время, программированное обучение, появившись «слишком рано» — в докомпьютерную эпоху, — впитало в себя ряд признаков, которые связаны с попытками организовать обратную связь в то время, когда для этого не было технических средств. Не даром системы, которые были созданы позже для реализации программированного обучения на компьютерной основе, называли электронными перелистывателями страниц [18]. В то же время трудно спорить с важностью этой

идеи в её исходной постановке [19]. Заметим однако, что программированное обучение предполагает локальную обратную связь на элементарные действия ученика, поэтому не может исчерпывать все многообразие видов обратной связи. Что касается неинвазивного мониторинга, то эта парадигма наиболее ему соответствует, так как ученик (студент) в процессе своей деятельности получает индивидуальные корректирующие реакции системы, которые не предназначены для передачи вовне. Разумеется, у организаторов образования может возникнуть желание использовать протоколы взаимодействия обучающегося с системой для внешней оценки его действий. С точки зрения неинвазивного мониторинга, это действие не является допустимым и должно быть запрещено как юридически, так и технически (например работа в таких системах может осуществляться анонимно).

Д. Парадигма соревнования: “главное, почему человек учится, — это обогнать других, поэтому необходимо иметь инструмент оценки знаний как для сравнения различных учеников, так и для сравнения темпа обучения одного ученика”.

В настоящее время, когда родители получили больше прав на требование “должного оказания образовательных услуг” со стороны преподавателей, они стали использовать инструмент отметок как способ сравнения результатов обучения своих детей с другими. Типичным вопросом стало, а почему у моего ребёнка оценка такая-то, а у другого ученика она лучше, хотя “все сделано так же” (или даже “лучше”). Существование скалярной оценки результатов (отметки) так или иначе приводит к рейтинговой системе, когда для любых двух учеников можно сказать, чьи результаты лучше. Это и есть проявление соревновательной парадигмы. Каждый вспомнит множество подобных примеров, которые демонстрируют отрицательные стороны отметочного мониторинга. Можно ли говорить о неинвазивном мониторинге для реализации соревновательной парадигмы обучения?

В работе Лаины о результативности обучения математике [20] предложено использовать векторный способ оценивания ученика с тем, чтобы его деятельность не измерялась одним числом. Приведем простой пример: будем оценивать ученика двумя числами, например успешное выполнение домашних заданий (самостоятельная работа) и выполнение контрольной работы. Если у нас будут три ученика с векторными отметками (3; 5), (4; 4) и (5; 3), то построить из них один рейтинг не получится. Если построить рейтинги по каждому параметру, то первый ученик будет лучшим по второму параметру, третий — по первому, а средний будет хорошистом по обоим критериям. Понятно, что такие результаты не будут фактором фрустрации ни для одного из этих трёх учеников.

Также неинвазивности спортивной парадигмы может способствовать хорошая атмосфера в классе, когда в нем есть и “математики”, и “спортсмены”, и “шахматисты”, и “артисты”, и многие другие уважаемые классом амплуа, создающие векторную систему оценки учеников уже не в рамках одного предмета, а по совокупности различных видов учебной и внеучебной деятельности.

Е. Парадигма коллективного обучения: “человек — социальное животное, он учится, только воспроизводя коллективную поведенческую игру социума”.

Обучение в классе так или иначе опирается на глубокие социально-общественные традиции и содержит гораздо больше аспектов, чем перечислены в этом списке. Использование внутригруппового влияния так или иначе реализовывалось в различных концепциях обучения. Например, лабораторно-бригадный метод обучения, предложенный Дьюи [21] и практиковавшийся в СССР 20–30 годах прошлого века.

Особенно важным для российских традиций является коллективизм, который порой оказывал поразительное влияние на успеваемость в студенческих группах, когда группа

была нацелена на получение качественного образования и студенты помогали друг другу разбираться в трудных для них вопросах. С точки зрения неинвазивного мониторинга — это наиболее правильный путь управления процессом обучения. Он хорош тем, что практически не зависит от метода обучения, которым пользуется преподаватель. Какую бы систему оценивания ни выбрал преподаватель, ему «противостоит» хорошо организованный коллектив, нацеленный на «правильную» цель — получение знаний каждым студентом. К сожалению, развитие капиталистических отношений в экономике явно или неявно поощряет эгоистические тенденции, и рассматривать группу студентов как правильно ориентированный коллектив уже невозможно, хотя можно поощрять любые движения в этом направлении. Другая сторона этой парадигмы — введение ученика и студента в иные сообщества, объединенные «правильными», с точки зрения образования, целями. Например, студенты стали ценить командную учебную работу, так как она является прообразом коллективов небольших программистских компаний.

Ж. Парадигма индуктивного обучения: “общие понятия могут быть представлены в виде небольшого числа конкретных примеров; от частного к общему”.

Неинвазивный мониторинг связан с еще одним важным аспектом обучения — осмыслением изучаемого материала. Оценить, удалось ли обучаемому уловить смысл, идею того, что излагает преподаватель, гораздо труднее, чем зафиксировать наличие конкретных умений. Именно поэтому методы оценки результатов обучения в математике в основном нацелены на решение некоторых классов задач, что очень далеко от оценки смыслового усвоения всего изученного курса. Сложность проблемы в том, что усвоение смысла предполагает привязку новых знаний к нативным знаниям (представлениям, которые формировались в течение всей жизни и которым обучаемый доверяет).

В этой ситуации прямой мониторинг затруднен, но понимание оценивается преподавателем по внешним реакциям аудитории. Лектор видит, что потерял контакт с аудиторией по мелким признакам, реакциям на различные действия (например, когда студент действует не в «ансамбле с преподавателем»: молчит, когда от него ждут словесной реакции, начинает что-то спрашивать соседа, когда нужно внимательно слушать преподавателя и т. д.). Отсутствие адекватных средств мониторинга говорит о том, что нужно перенести центр внимания на особенности представления материала. Действительно, отталкиваясь от особенностей внутреннего представления информации и генерации “логических” суждений, можно сделать предположение, что такие суждения опираются на серию примеров и контрпримеров, которые человек легко генерирует на основе своих нативных знаний. Роль компьютера в реализации этого метода обучения состоит в поддержке конструктивных задач, в которых построение конструкций можно рассматривать как приведение типичных примеров (в динамической геометрии, например, *типичный пример* можно отождествлять с *произвольным представителем* некоторого множества, что соответствует тому, как этот объект используется в математических суждениях и доказательствах). Конструктивные задачи допускают верификацию решений самим обучаемым, поэтому идеально подходят для цели неинвазивного мониторинга — самопроверки результатов своей работы.

З. Парадигма “телеграфной линии”: “главное в учебном процессе — обеспечение наилучших условий для общения педагога с учеником, для прямого воздействия через опыт, знания, эмоции”.

С точки зрения мониторинга данная парадигма полностью исключает внешний мониторинг, оставляя все методические и педагогические вопросы преподавателю. С более общей точки зрения, это говорит о том, что управление переносится на уровень подго-

товки учителей — государство должно обеспечить высочайший уровень педагогических кадров. Обратная связь в этом подходе обеспечивается тесным контактом преподавателя и ученика, при котором само понятие мониторинга теряет смысл, так как пропадает и само понятие управления учебным процессом. Для сравнения приведем аналогии: общество не пытается управлять воспитанием ребенка в семье, а только создает условия для такого воспитания, предполагая, что социально-культурный опыт семьи достаточен, чтобы подготовить ребенка к вхождению в социум. Таким образом, высшей стадией неинвазивного мониторинга следует считать ненужность внешнего мониторинга.

И. Парадигма трудового обучения: “главное в обучении — это то, что учеба является одним из проявлений трудового процесса, поэтому учеба должна удовлетворять всем признакам труда: быть осмысленной, продуктивной, эффективной и пр.”

Основой человеческого существования является осмысленный социально-значимый труд. Учебный труд несет в себе характеристики этого общего понятия труда. Организация труда предполагает управление им. До недавнего времени под понятием труда подразумевался в большей степени труд, не требующий повседневных серьезных умственных усилий (так понимались уроки труда в школе, так понимается производственная практика в вузе). Сможет ли когда-нибудь умственный труд рассматриваться наравне с “ручным” трудом и как изменится понятие трудовой деятельности, сказать пока трудно. Однако можно считать существующие средства управления вполне достаточными для организации учебной трудовой деятельности: план работ, регулярные занятия, типовые виды учебной деятельности, своевременное выполнение обязательств и пр. Все эти виды управления являются привычными, и использование неинвазивного мониторинга в этом случае представляется ненужным.

К. Социально-тоталитарная парадигма: “основной мотив обучения — страх оказаться ненужным обществу; учитель, олицетворяя общество и используя информацию об ученике, организует давление на ученика”.

Эта парадигма, высшей степенью проявления которой для студентов является отчисление из вуза, а промежуточными — пересдача экзаменов и лишение стипендии, наиболее далеко отстоит от неинвазивного мониторинга. Уменьшение применения этой парадигмы в младших классах школы проявляется в отмене оценок. В целом идея о том, что для обучения требуется определенное принуждение со стороны общества, разделяется большинством людей. Нетрудно объяснить значимость этой парадигмы из общих представлений о роли государства, которое в определенной степени накладывает обязанности на членов общества. Неинвазивность в этой парадигме можно трактовать как справедливость, то есть человек готов принять принуждение, если оно осмысленно и выполняет определенную функцию в организации всего общества. С этой точки зрения, очень важно, в противовес правам учащегося, сформулировать обязанности, которые должны выполнять ученики школ и студенты вузов. Следует признать в преподавателе не “предоставителя образовательных услуг” (каким может оставаться, например, гувернер или репетитор), а государственным служащим, который заботится о том, чтобы некавалифицированный специалист не получил диплом и не навредил своей деятельностью государству. Неинвазивный мониторинг здесь можно было бы трактовать как раннюю помощь в выборе специальности вузовского обучения. Человек, желающий изучать технические дисциплины и не обладающий достаточными знаниями математики, должен быть готов к тому, что эти знания с него спросят, независимо от того, сумели ли преподаватели научить его или нет. В рамках этой парадигмы студенты рассматриваются как

взрослые люди (в противовес распространенному мнению, что на первых курсах учатся “дети”) и должны обладать необходимыми навыками самостоятельной работы и нести ответственность перед государством за невыполнение требований преподавателей.

Л. Парадигма условных рефлексов: “знание можно сформировать “натаскиванием” на правильно подобранном материале”.

Проблема формальных знаний имеет более сложный характер, чем кажется на первый взгляд. С одной стороны, хорошо сформированная система знаний и умений предполагает осмысление материала, то есть привязку новых знаний к базовым представлениям (нативным знаниям).

В то же время, некоторыми умениями, например языком, простейшими логическими суждениями, алгоритмами работы с целыми числами в десятичной системе ребёнок овладевает, не понимая их смысла и используя как знаковую систему для передачи более сложных знаний. Заучивание наизусть стихов также не связано со смысловым усвоением новых знаний, а направлено на овладение собственными интеллектуальными механизмами (в данном случае, памятью), освоением культурного наследия, которое является основой общения, и овладением различными социальными нормами, воззрениями и пр. Относительно изучения математики подобные упражнения также лежат в основе передачи более сложных знаний (операционный способ передачи знаний), когда усвоенные и доведенные до уровня навыков умения становятся основой для осмысления содержательных идей, сводимых к такому операционному базису.

Для проверки подобных знаний и умений вполне достаточно проверки усвоенных алгоритмов без привлечения более сложных интеллектуальных механизмов. Подобный мониторинг вряд ли будет фрустрирующим для учеников или студентов. Он скорее похож на сдачу физкультурных норм, когда регулярными тренировками можно добиться эффекта без учета индивидуальных особенностей и базовых представлений. Для мониторинга результатов обучения, связанных с данной парадигмой, неинвазивный мониторинг не требуется.

М. Парадигма рефлексии: “ученик должен научиться анализировать процесс своей умственной деятельности — это основа формирования знаний”.

С развитием этой парадигмы тесно связаны работы Симура Паперта по внедрению компьютерных артефактов в процесс обучения. Главной целью изобретенной им ЛОГО-черепашки было включение в учебный процесс рефлексии, которая опосредована компьютерными артефактами. Так, например, пытаясь “научить” черепашку рисовать круг, ребёнок должен сам пройти по кругу, обращая внимание на два параллельно совершаемых элементарных движения: шаг вперёд и поворот на постоянный небольшой угол. Опора на рефлексию является существенной частью реализации неинвазивного мониторинга. Ученик (студент) должен научиться анализировать свои действия, прогнозировать результат, сопоставлять прогноз с результатом, вносить коррекцию в свои действия. Например, общепринята такая практика работы со студентами: студент выполняет домашнее задание и сдает преподавателю на проверку. Преподаватель проверяет, указывает на ошибки, студент исправляет. Снова сдает на проверку и т. д. Такую же цель преследует “переписывание контрольных работ”. Если вдуматься в это словосочетание, то оно будет звучать довольно бессмысленно: проведен контроль, который показал неготовность студента. Переписывание той же контрольной (именно так обычно и реализуется переписывание) — это уже не проверка знаний, а проверка того, сможет ли студент повторно решить те же задачи.

Неинвазивный мониторинг предполагает другую схему работы с домашними заданиями. Во-первых, домашние задания предпочтительно делать индивидуальными. Во-вторых, студент, выполняя задание и не сумев преодолеть какие-то трудности, не пытается использовать в качестве шаблона работу товарища, не осмысливая ее в терминах собственных базовых представлений, а обращается за объяснением идеи к преподавателю, который обладает профессиональными педагогическими и методическими знаниями и использует другой способ объяснения той же математической идеи. Во-третьих, студенту показываются различные способы решения задач, которые надо продемонстрировать при решении задач домашнего задания, объясняются различные способы косвенной проверки правильности решения. Таким образом, когда студент сдает работу преподавателю, он должен быть готов сделать заявление «я уверен, что сделал всё правильно». Преподаватель, таким образом, проверяет не столько работу, сколько уверенность студента в своих знаниях. Контрольная работа в этой ситуации играет роль фиксирующего инструмента, она строится на задачах из домашнего задания и не является испытанием для студента, а только формальным подтверждением его результатов в ходе учебной работы.

Н. Языковая парадигма: “любое знание можно сделать очевидным, если рассмотреть его в подходящей понятийно-языковой среде; процесс обучения — развитие языка описания мира”.

Эта парадигма связана с множественностью представления знания. Нужно заметить, что основой смыслового усвоения являются связи между различными интерпретациями и умение переходить от одной интерпретации к другой. Не всегда эти интерпретации явно представлены. Например, легко представить студента, который видит “свой” путь решения, это подсказывает ему интуиция, это он выражает эмоционально, однако при попытках представить решение преподавателю начинает говорить не то, что хочет, путается. Это связано с тем, что не все внутренние образы имеют вербальное представление. Преподаватель при неинвазивном подходе к управлению учебным процессом должен обладать умениями представлять различные интерпретации материала, различные подходы к задаче — “настраиваться на язык студента”. Это должно быть отражено в подготовке учителей в педагогических вузах. Опыт преподавания постепенно развивает интуицию преподавателя относительно возможных “мыслительных ходов” студента. Оправдывает себя следующая установка: “любая идея решения, предложенная студентом, может быть доведена до правильного решения”. Такая постановка взаимоотношений студента и преподавателя постепенно снимает с преподавателя роль контролера, создавая образ со-творца, который демонстрирует приёмы коллективного мышления, обмена идеями в процессе работы. Таким образом, управление учебным процессом здесь проявляется в форме со-творчества. В связи с этим следует заметить, что введение контролирующего мониторинга на всех этапах учебного процесса не только не нужно, но и вредно, так как упрощает само понятие учебного процесса, выхолащивая наиболее продуктивные его составляющие.

О. Парадигма запоминания: “результат обучения — запоминание множества фактов, поэтому главное в процессе обучения — активизация памяти”.

Нужно ли запоминать материал при изучении математики? Не противоречит ли это главной цели — передаче математических идей, осмыслению материала? Ответ на этот вопрос связан не самим с понятием памяти, а с тем, как эта цель достигается в ходе учебного процесса. У многих студентов бытует неправильное представление о механизмах запоминания. Так многие считают, что запоминание достигается повторением. Другие увлечены технологиями, основанными на якорной теории или других её версиях, когда

для запоминания нужно создать сюжет, связывающий воедино разные понятия (например, чтобы запомнить английское слово “хлеб” — “bread” предлагается найти созвучное русское слово, например “брэд”). Можно не согласиться с тем, что в математике такой метод целесообразен. Однако есть богатый и положительно оцененный школьными учителями (хотя и раскритикованный некоторыми педагогами) опыт донецкого педагога В. Ф. Шаталова. Для знакомства с основной идеей можно привести один пример из его книги о том, как ученик на всю жизнь запомнил свойства квадрата по такой фразе «квадрат — тунец, он не имеет своих свойств, а только свойства ромба и прямоугольника» [22]. Действительно, это красивая метафора, позволяющая перечислить свойства геометрических фигур. Метод Шаталова дал возможность большинству учеников почувствовать успешность в освоении математики, а учителям — успешность в её преподавании. Более того, одним из тезисов этого замечательного педагога было «десятилетку за восемь лет». Именно успехи такого подхода дают основание подумать о целях обучения математике, которые неявно формулируются в нормативных документах. Действительно, должен ли ученик помнить все теоремы школьного курса математики? На этот вопрос можно ответить двояко: да, так как это часть культуры, и в дальнейшем человек, окончивший школу, сможет общаться с другими членами сообщества, в том числе со своими детьми по тематике школьной программы. Это несравненно лучше того, что некоторые ученики говорят после окончания школы: математику никогда не понимали и никогда более не хотели бы иметь с ней ничего общего. Другой ответ — разве знание свойств квадрата является столь значимым для изучения математики? Не были ли более важными те приемы мышления, которые позволяли переносить свойства одного объекта на другой и могли быть использованы в других ситуациях? Вряд ли человек, использующий столь далекие от предметной области ассоциации, владеет теми приемами мышления, которые ожидаются как результат изучения математики. Однако проверить осмысление материала гораздо труднее, а в рамках существующей системы, видимо, невозможно. Это означает, что мониторинг этих знаний для данного предмета просто не нужен, так как имеет в виду другие цели, не свойственные сущности предмета. В то же время, роль ассоциаций для запоминания важна, так как это встроенный в каждого человека психологический механизм. Чем же можно заменить бессодержательные мнемотехнические приемы? Содержательными ассоциациями. Это и различные интерпретации математических идей: модели, инструменты, и различные способы подхода к задаче. Для качественного запоминания нужно видеть множество внутренних и внешних связей различных понятий и демонстрировать их ученикам, так как только самые одаренные могут генерировать такие связи в процессе рассказа учителя или лекции преподавателя (разумеется, при других формах занятий ученики и студенты сами могут быть генераторами новых интерпретаций и связей).

Как следует осуществлять неинвазивный мониторинг в условиях парадигмы запоминания? Прежде всего, нет смысла просить заучивать наизусть определения, теоремы и доказательства. Нужно как можно чаще прибегать к собственным формулировкам обучаемыми указанных сущностей — объяснять “своими словами”. Следует заметить, что такое общение с обучаемыми требует наибольшего времени. Не всегда его можно реализовать в процессе групповой работы. Обычно учителя совмещают несколько видов работ, чтобы дать ученикам “высказаться”, пока другие готовятся или решают задачи.

Добавим ещё одну новую парадигму.

М. Парадигма обучения через преподавание: "человек хорошо обучается, когда учит других".

Как уже говорилось выше, идея неинвазивного мониторинга связана с передачей ряда

функций управления обучением самому обучаемому. С этой точки зрения предложение студенту роли преподавателя выглядит естественным. В то же время возникает ряд проблем:

1) насколько хорошо должен владеть студент (ученик) материалом, чтобы рассматривать его в роли учителя?

2) в каких формах должен или может осуществляться учебный процесс, чтобы реализовать эту парадигму?

В работе [23] предложен и опробован такой путь решения этих проблем: использовать компьютер в качестве посредника между учителем и учеником. Таким образом, задачу обучения учеником других учеников можно образно интерпретировать как задачу “обучения компьютера”, который будет учить учеников. Пока такая постановка задачи слишком амбициозна, однако составление задачник самопроверяемых задач, о которых будет сказано ниже, вполне можно отнести к такой деятельности.

Другой путь — это организация изучения материала малыми группами (командами) с тем, чтобы в дальнейшем в режиме конференции студенты могли обмениваться этими знаниями. В работе [24] показано, как можно решить эту проблему со студентами младших курсов технических университетов при изучении дискретной математики. В этой педагогической технологии первый вопрос — о качестве изучения материала — решается, во-первых, достаточным сужением изучаемой темы, во-вторых, командный подход обеспечивает взаимовлияние студентов, дает им форум для дискуссии и позволяет глубже изучить тему.

Второй вопрос — об организации процесса передачи знаний — решается организацией конференции, в которой докладчики обязаны научить других участников конференции основным идеям изученного ими материала. Качество обеспечивается предварительным рецензированием представленных докладов сначала руководителем, потом тремя участниками конференции, а также небольшим объемом изученного материала, выносимого на конференцию (10–20 %).

В использовании неинвазивного мониторинга при обучении математике большую роль играют конструктивные задачи, что будет обсуждаться ниже в связи с методическими аспектами неинвазивного мониторинга и его технической поддержкой. В конструктивных задачах решением является конструкция, алгоритм. Наиболее удобно такие сущности представляются на каком-то алгоритмическом языке или языке моделирования. Это означает, что программирование в широком понимании этого термина является одним из вариантов реализации парадигмы «обучение себя через обучение других».

Очевидно, в этом перечне находятся не все взгляды на обучение, и не все из перечисленных независимы, однако даже из этих примеров видно, насколько переплетены различные взгляды на обучение в любом элементарном акте обучения.

Моделирование информационной среды обучения требует, однако, выделения и изучения «чистых стратегий».

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА

4.1. Передача инициативы студенту

Это педагогическая технология. При налаженной системе заданий преподаватель сначала выдает работы, а потом их проверяет. При этом, если в процессе приема отсутствует беседа (защита работы), у студента возникает ряд стратегий, не все из которых предпо-

лагают глубокое вникание в суть работы. Например, обычно работы имеют некоторый шаблон, и первые студенты, разобравшиеся в материале, предоставляют в социальных сетях информацию для других студентов, помогая им выполнить это задание. При этом остальные студенты «понимают» цель работы именно в последовательности операций, которые им надо выполнить, но теряют главную цель — самостоятельно дойти до данного набора инструкций. В этой ситуации скрупулезная проверка правильности решений преподавателем не играет существенной роли, так как фактически проверяются копии работ, выполненных по шаблону. Даже выявленные и переданные на исправление ошибки не приведут к исправлению ошибок в знаниях, так как соответствующих знаний пока нет, а ошибки являются следствием неправильного применения шаблона, и улучшения в его применении не будут иметь существенного влияния на требуемые знания.

Необходимо формировать установку на самопроверку. Для работ по математике есть несколько способов:

- решение задачи несколькими способами,
- проверка решения сопоставлением с условием, «обратным ходом», косвенными критериями,
- сравнение с ответом (в том числе, решением задачи автоматическими решателями).

Студент, сдавая работу преподавателю, должен иметь установку «я разобрался с этой задачей и уверен, что решил правильно». Следует обратить внимание, что для того чтобы достигнуть такого состояния, студенту может понадобиться больше времени. Домашняя работа с учетом 2–3 методов решения будет увеличиваться в 2–3 раза. Поэтому цель преподавателя — не перегружать большим числом однотипных репродуктивных задач, а открыть возможности для продуктивного подхода. Здесь имеется в виду, что самостоятельное овладение материалом создает самого человека, продуктом его деятельности становятся его ментальные механизмы, а не формальная отметка за работу.

Выводы о конкретных формах мониторинга в математическом образовании:

- 1) списки задач, которые решаются индивидуально и результаты решений которых не оглашаются; в то же время, по этим спискам регулярно устраиваются обсуждения, где каждый желающий может представить свое решение;
- 2) неинвазивный мониторинг используется для проведения промежуточного контроля; «инвазивный», то есть публичный мониторинг, результаты которого доступны всем и автоматически определяют социальный статус человека, должен проводиться только при обоснованной необходимости. Например, нет обоснованной необходимости определять социальный статус человека при выходе из школы, поэтому нет смысла проводить единый государственный экзамен. В то же время, может быть несколько профессионально ориентированных систем сертификации, через которые желающий может определить свой статус в интересующей его области. Ранее такой статус давал экзамен в вуз, у разных вузов были экзамены разной сложности.

Средства неинвазивного мониторинга:

- 1) задания для самопроверки;
- 2) инициативная, в том числе проектная, деятельность;
- 3) соучастие; не обязательно сразу возлагать на ученика обязанность дать решение задачи и, главное, ответственность за правильность решения. Неуверенный в себе ученик прибегнет к аутсорсингу, чтобы опереться на авторитет более знающего (репетитора, родителя, друга). В то же время совместное решение задачи (принцип

подмастерья) позволит ученику усвоить основные мыслительные конструкции без принятия на себя ответственности за их правильное применение.

4.2. Техническая поддержка неинвазивного мониторинга

Изложенные выше принципы неинвазивного мониторинга определяют и требования к технической поддержке. Проблемы технической поддержки неинвазивного мониторинга:

- отказ пользователя (ученика) от работы с программой вследствие сложностного барьера; даже если задача объективно не была сложной, она может казаться ученику трудной [25];
- использование слишком легких заданий, которые ученик проходит без труда, однако они не позволяют оценить степень осмысления материала.

Нами предлагаются следующие пути решения проблем, изложенные в работах [26–28]:

- оценка частичных решений;
- использование системы усложняющихся критериев;
- главное, это оценка *процесса* решения, а не только результата; образ решения и является наиболее полным материалом для анализа текущего состояния освоения идей материала. Последнее ставит вопрос об охране информационной безопасности обучаемого; получение наиболее полного протокола обучения обычно соединяют с получением психофизических данных; в совокупности такая информация не должна наносить вред студенту. Необходимо строго ограничить поток информации, получаемый в процессе обучения, его предметной областью. Ни в коем случае нельзя соединять методики проверки знаний с оценкой одаренности человека, с оценкой его психологических особенностей. В то же время, следует обеспечить представление материала в такой форме (формах), чтобы человек с любыми психофизическими данными мог его усвоить. Например, и сейчас в учебниках соединяют тексты, задачи, упражнения, рисунки, решения задач, беседы и пр. Теоретически можно считать, что использование компьютера позволяет подобрать каждому человеку удобную форму представления знаний, однако из соображений безопасности прерогатива выбора должна быть оставлена человеку, а следовательно, разработка «настраивающихся» на человека программ не требуется;
- конструктивный подход к обучению. Можно поставить вопрос о том, зачем вообще понадобилось выносить мониторинг вовне, и, вообще, как и когда он появился. Например, когда появились контрольные работы по математике? До этого были опросы: устные, фронтальные и пр. Все это так или иначе имеет социальный характер. Работа с классом, а не с отдельным учеником, использование принуждения из-за объединения учеников с разными целевыми установками и пр. В то же время, «двоечники» часто отлично занимались другой деятельностью (спортивной, технической) и были в ней успешны без проведения какого бы то ни было мониторинга. Отличием «другого» вида деятельности была конструктивность — они не учились «на оценку», а что-то делали вместе с кем-то для достижения какой-то цели. При этом результатом можно считать какой-то продукт деятельности. Но при обучении сами мыслительные структуры являются таким продуктом. Можно ли соединить понятия вещественного и мыслительного продуктов? Мы видим эту возможность в поддержке конструктивной деятельности. Применительно к математике это будут конструктивные задачи. Каковы свойства этих задач?

Свойства конструктивных задач:

- 1) наличие инструментария для конструирования (разумеется, это может быть как внешний или компьютерный инструментарий, так и внутренний);
- 2) возможность получения различных решений;
- 3) наличие средств обратной связи, поддерживающих процесс конструирования.

4.3. Структура протоколов взаимодействия обучаемого с учебными объектами инструментального типа, допускающих «неинвазивный» мониторинг

В основе протоколов лежит структура инструментального средства, определяющего характер операций, через которые выражается решение задачи.

В качестве примера, достаточно жёсткого, однако допускающего различные стратегии решения, рассмотрим структуру решений задач по алгоритмам на графе из КИО-школы (начальный уровень Школы современной информатики и дискретной математики, открытой Факультетом компьютерных технологий и информатики Санкт-Петербургского электротехнического университета «ЛЭТИ»).

Примеры алгоритмов, изучаемых в рамках КИО-школы: алгоритмы Прима, Краскала, Дейкстры, построение эйлеровых путей, максимального паросочетания в двудольном графе и пр. [29].

Знакомство с каждым алгоритмом осуществляется в трех режимах:

1. Демонстрация.
2. Тренажер.
3. Контроль.

Для каждого из режимов осуществляется генерация случайного графа при каждом обращении к программе, чтобы исключить запуск двух версий программы: одну — в демонстрационном режиме, другую — в режиме контроля, и использовать первую для решения задания во второй.

В каждом алгоритме выделено несколько типовых шагов. Например, в алгоритме Дейкстры выбор вершины с наименьшей пометкой — один шаг, модификация пометок — другой шаг. В режиме демонстрации алгоритм можно прогонять по шагам как вперёд, так и назад. В режиме тренажёра каждый шаг проверяется отдельно, причём отличие шага в тренажёре (как и в режиме контроля) в том, что допускается несколько вариантов выбора очередного шага. Это связано с тем, что, как правило, перечисленные алгоритмы не являются алгоритмами в формальном смысле этого слова, а скорее, классами алгоритмов, допускающих в некоторых ситуациях разные равноправные шаги.

Таким образом, в данной версии неинвазивного мониторинга все допустимые шаги представлены явно, что, с одной стороны, позволяет осуществлять эффективную обратную связь и обеспечивает достаточную свободу при построении решения, с другой — лишает обучаемого возможности самостоятельно определять виды элементарных шагов, которые навязаны используемой инструментальной средой.

В данном случае достигнута одна из задач неинвазивного мониторинга — передача контроля над освоением алгоритма самому обучаемому. Так, при прохождении тренажёра в случае затруднения он может сделать шаг или несколько назад и перейти в режим демонстрации, в котором будет показан правильный ход. Для мониторинга результатов преподавателю достаточно посмотреть граф прохождения курса, в котором представлена успешность решения (цвет кружков), проблемы в решении заданий (чем меньше кружков,

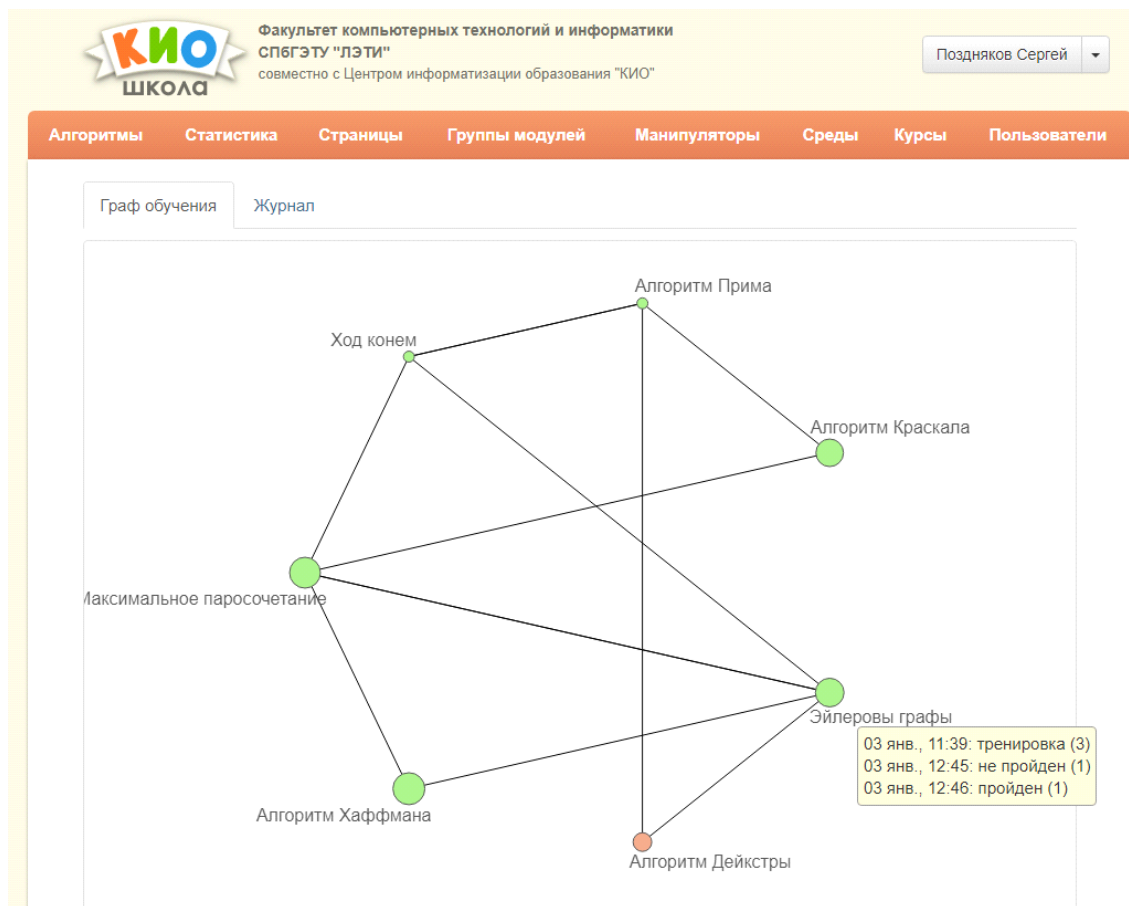


Рис. 1

тем больше трудностей было при прохождении контроля), даты и результаты работы с задачами (рис. 1)

Другой пример организации неинвазивного мониторинга используется в олимпиаде по дискретной математике и теоретической информатике (ДМиТИ). В этой олимпиаде теоретическим задачам предшествует одна или несколько конструктивных задач, которые актуализируют необходимые знания и поддерживают исследовательскую деятельность в процессе решения задачи [29, 30]. На рис. 2 показан пример задачи, связанной с описанием множества слов с помощью регулярных выражений. В качестве средства обратной связи используется возможность проверить общее решение на примерах и контрпримерах, часть которых представлена вместе с задачей, но множество которых студент сам может расширить, используя условие задачи.

Другой механизм обратной связи — проверка ответа на большом множестве генерируемых случайных примеров и подсчет процента примеров, удовлетворяющих введенному ответу.

Таким образом, протоколирование процесса решения задач при инвазивном мониторинге используется для рефлексии студента и помогает ему найти ошибки в своей работе.

Важной особенностью протоколирования решения конструктивных задач является реакция системы на частичные решения. Процесс решения задачи можно представлять

RegExp

Примеры	Контрпримеры
<input type="text" value="abba"/>	<input type="text" value="abcabc"/>
<input type="text" value="bbc"/>	<input type="text" value="cba"/>
<input type="text" value="асасасаса"/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="a"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Рис. 2

в виде дерева, переход от узла которого к листьям соответствует улучшению решения, а возврат к предыдущим узлам (или к корню всего дерева решений) говорит о признании решающим неперспективности данного пути решения и возврат к одному из предыдущих решений. Чаще ученик возвращается к началу решения — корню дерева, хотя исследовательский подход предполагает сохранение результатов предыдущих экспериментов и возврат к тому моменту, до которого по некоторым явным или неявным критериям решение развивалось в верном направлении.


Такая возможность реализована в системе поддержки Международного Конкурса по применению ИКТ в естественных науках, технологиях и математике «Конструируй, Исследуй, Оптимизируй (КИО)» [31].

На рис. 3 представлен интерфейс работы с задачей в среде КИО. Следует выделить следующие особенности, определяющие структуру протоколов:

1. Наличие нескольких критериев успешности решения, образующих иерархию и определяющих уровень сложности поставленной задачи (в приведенном примере требуется сконструировать композиционный материал, который обеспечивает наилучшую теплопередачу, при этом степень нагрева является первым параметром, время нагрева — вторым; то есть, при одинаковой степени нагрева лучшим считается решение с меньшим временем нагрева). Значения этих критериев протоколируются в процессе решения вместе с конфигурацией сконструированного решения.
2. Возможность поддержки исследовательского подхода к задаче и самостоятельного ведения дерева решений. Для этого в КИО имеются два инструмента: первый (которым пользуются все участники) — возврат к лучшему найденному до данного момента решению, второй (используемый реже) — сохранение любых промежуточных решений, к которым можно будет вернуться для дальнейших экспериментов. Роль преподавателя при реализации исследовательского подхода — научить учеников создавать дерево решений, в данном случае, давать имена промежуточным решениям так, чтобы ориентироваться в проделанной работе и планировать исследовательскую деятельность.

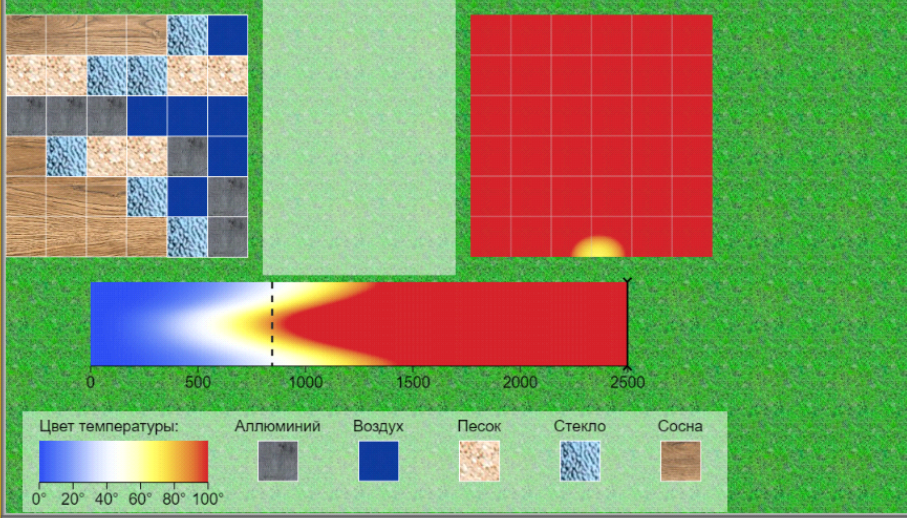
Наиболее выразительно идея неинвазивного мониторинга проявляется в использовании подхода, который авторы называют WiseTasks или самопроверяемые задачи [32, 33].

КОНСТРУИРУЙ ИССЛЕДУЙ ОПТИМИЗИРУЙ



- Вход
- Регистрация
- Восстановление пароля
- Галерея решений
- Главная
- Информация о конкурсе КИО 2020
- Правила конкурса
- Регистрационный взнос
- Оргкомитет
- Примеры заданий прошлых лет
- Поиск и оплата заявок
- Победители

Нагрев (уровень 0)




Результат

Вычисление: **вычислено**

Процент нагретого: **100**

Время: **844**



Рекорд

Вычисление: **вычислено**

Процент нагретого: **100**

Время: **844**

Сохраненные решения

Назовите решение:

Левый квадрат 6 на 6 нужно собрать из квадратиков разных материалов. У квадрата нагревается левая сторона, задача участника состоит в том, чтобы как можно быстрее нагреть его правую сторону до 40 градусов. Разные материалы проводят тепло с разной скоростью. Имеется дерево, стекло, песок, воздух, металл, они перечислены в порядке возрастания скорости проведения тепла (температуропроводности). На нагрев есть 2500 единиц времени, за это время нужно успеть нагреть правую сторону квадрата.

В задаче два параметра:

1. Какая часть правой стороны нагрелась до 40 градусов и более к окончанию выделенного времени.
2. За сколько времени правая сторона нагреется до 40 градусов и больше.

Рис. 3

В этих задачах используется язык описания условий, который позволяет автоматически по условию задачи верифицировать введенный учеником ответ. При этом достигаются важные цели самоуправления, и мониторинг становится менее субъективным.

Так, если введенное условие по каким-то причинам не соответствует замыслу автора и предложенный им ответ некорректен по отношению к получившемуся условию, система будет проверять именно решение получившейся задачи, и ошибка в проверке исключается.

Главное же, что у самого обучаемого появляется возможность составлять задачи и решать их без участия третьих лиц (рис. 4). Замечено [23], что составление задач является мотивирующим фактором в обучении математике и может быть использовано для реализации новых методов обучения (например, командных матбоёв). Самостоятельная постановка задач является одним из факторов исследовательского подхода к обучению. Система WiseTasks может служить артефактом для содержательного общения между учителем и учеником (преподавателем и студентом).

При дистанционном общении этот артефакт выступает в роли граничного объекта общего информационного пространства [34, 35]. Граничный объект, являясь посредником в общении, обеспечивает свернутую передачу информации в предметной области.

Рассмотрим пример взаимодействия преподавателя и ученика в информационной среде:

1. Преподаватель ставит задачу.
2. Сделав несколько попыток, студенту не удается решить поставленную задачу.
3. Студент предлагает рассмотреть более простой вариант задачи и присылает задачу, сформулированную в среде WiseTasks, и её решение (которое уже проверено средой).
4. Преподаватель оценивает разницу между сложностью поставленной задачи и решённой и предлагает решить другую задачу, которая строится на основе анализа присланной решенной задачи и т. д.

Заметим, что такой диалог существенно отличается от «древесного» диалога, который жёстко закладывается в некоторые системы дистанционного обучения. В жёстком диалоге система так или иначе ведёт обучаемого по заранее утверждённому пути, опираясь на предполагаемые представления обучаемого. Однако заранее перечислить все возможные особенности этих представлений невозможно, поэтому только опытный учитель может быстро найти правильный корректирующий вариант поддержки решения задачи, без того чтобы отобрать у ученика инициативу. Использование в качестве объектов диалога задач открывает новые пути для технологической поддержки такого общения.



Рис. 4

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве определения неинвазивного мониторинга можно предложить следующее: «неинвазивный мониторинг является видом педагогической обратной связи, который предполагает охрану информации, передаваемой обучаемым, используемую исключительно для коррекции его действий и запрещенную к использованию для контроля результативности и передачи результатов вовне». Это определение опирается на следующие принципы:

- 1) авторизованный (без соблюдения инкогнито) мониторинг не должен использоваться для целей управления образованием;

- 2) важный принцип неинвазивного мониторинга, отличающего его от других видов мониторинга, используемых в образовании, это его направленность. Если обычный (инвазивный) мониторинг направлен вовне, то есть его результаты становятся известными органам управления, которые могут изменить социальный статус ученика и использовать меры воздействия, не связанные непосредственно с успешным смысловым овладением учебным материалом, то неинвазивный направлен внутрь и имеет целью обеспечить обратную связь с целью коррекции учебных действий. Также неинвазивный мониторинг может использоваться для соотнесения знаний с различными внешними требованиями, например, выявления пробелов в образовании, определения уровня или рейтинговой позиции в той области, в которой мониторинг осуществляется, для помощи в принятии решения при выборе вида дальнейшего обучения, профессии и принятия решений, связанных с социальным статусом. Здесь ключевым моментом является то, что информация предоставляется самому ученику или студенту и не является источником принятия решений третьими лицами, кроме самого ученика и его учителя.

Проведенный обзор различных аспектов неинвазивного мониторинга показал, что различные парадигмы преподавания по-разному соотносятся с целями и средствами неинвазивного мониторинга. Можно выделить три типа отношений:

- 1) парадигма поддерживает концепцию неинвазивного мониторинга,
- 2) парадигма поддерживает концепцию неинвазивного мониторинга при дополнительных условиях (например оценка групповой или интегральной реакции вместо индивидуальной),
- 3) парадигма не имеет связи с концепцией неинвазивного мониторинга или не требует его использования.

К числу первых можно отнести следующие парадигмы:

- парадигма рефлексии,
- парадигма коллективного обучения,
- парадигма обучения через преподавание,
- парадигма исследования,
- парадигма индуктивного обучения,
- парадигма телеграфной линии,
- парадигма программированного обучения,
- парадигма конспектирования.

К числу вторых:

- парадигма проблемного обучения,
- парадигма соревнования,
- социально-тоталитарная парадигма,
- языковая парадигма,
- парадигма запоминания.

К числу третьих:

- парадигма трудового обучения,
- парадигма условных рефлексов.

Как можно увидеть, большинство выделенных парадигм хорошо коррелирует с целями неинвазивного мониторинга. В то же время, при обсуждении организации обучения в современных условиях с возможностью компьютерной поддержки и удаленной связи

всё это многообразие обычно игнорируется в пользу простых взглядов на процесс обучения как на наполнение знаниями головы обучаемого и организацию мониторинга результатов обучения тестированием. Увеличение внимания к неинвазивному мониторингу будет означать и изучение более сложных аспектов взаимодействия преподавателя и обучаемого.

В методическом аспекте следует изменить целевые установки студента (и, как следствие, преподавателя). Нужно научить студента (и ученика) различным приемам верификации своих действий, как-то: решению задач разными способами, выполнению этапа проверки наряду с этапом решения, построению простых моделей и грубых оценок, позволяющих оценить результат приблизительно, проверке общих решений на частных случаях, использованию прямых или косвенных критериев правильности решения, вытекающих из условия задачи. Наконец, использованию компьютерных решателей, чтобы проверить ответ или изучить стандартный метод решения. Обращение к преподавателю должно начинаться со слов «я уверен, что разобрался с решением этой задачи, прошу Вас подтвердить правильность моих обоснований».

Также следует изменить установку преподавателя, проводящего практические занятия, или учителя, организующего решение задач. Следует не навязывать обучаемому некоторое шаблонное решение, а максимально инициировать собственные представления ученика или студента о том, как начать решение задачи или какие способы попробовать, а далее помочь ему довести до результата именно это решение. Для реализации такой стратегии учитель должен обладать хорошим математическим образованием, широкой эрудицией, гибким умом и/или большим позитивным педагогическим опытом.

Неинвазивный мониторинг может быть поддержан техническими средствами (цифровыми технологиями), которые должны обеспечить активное взаимодействие с предметной средой. При этом структура взаимодействия должна базироваться на элементарных операциях, происходящих из свойств предметной области. В этом случае над этой средой может быть организован неинвазивный мониторинг, который обеспечивает студенту обратную связь, давая реакции на частичные решения, открывая путь к экспериментам и исследованию. Такие среды обеспечат обратную связь для поддержки локальных шагов в решении задач и оставят преподавателю большую свободу в планировании и достижении стратегических целей управления учебным процессом.

Список литературы

1. Vavilov N. Reshaping the metaphor of proof // *Philos Trans. Roy. Soc. A*. 2019. Vol. 377, № 214. P. 1–18. doi: 10.1098/rsta.2018.0279
2. Холодная М. А. Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. 2-ое изд, перераб. и доп., СПб.: Питер, 2004.
3. Виленкин Н. Я. Ивашев-Мусатов О. С., Шварцбург С. И. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс. М: Мнемозина, 2015.
4. Башмаков М. И. Математика: учеб. пособие для 10–11 классов гуманитарного профиля. М.: Просвещение, 2004. 336 с.
5. Рохлин В. А. Лекция о преподавании математики нематематикам // *Матем. просв.* 2004. Сер. 3, № 8. С. 21–36.
6. Корнев А. А. Обратная связь в обучении и педагогическом общении // *Rhema. Рема.* 2018. № 2. С. 112–127.
7. Петрушенко Л. А. Принцип обратной связи. М., 1967.
8. Бессонов К. А. Обратная связь в педагогическом взаимодействии преподавателя и студента // *Juvenis scientia.* 2016. № 2. С. 86–89.

9. Лукьяненко О. Д. Обратная связь в дидактическом информационном взаимодействии педагога и учащихся // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. 2007. № 12 (33). С. 367–371.
10. Hattie J., Timperley H. The Power of Feedback // Review of Educational Research. 2007. Vol. 77. № 1. P. 81–112.
11. Eaves B. S., Shafto P. Unifying pedagogical reasoning and epistemic trust advances child // Development and Behavior. 2012. № 43. P. 295–319.
12. Башмаков М. И., Поздняков С. Н., Резник Н. А. Информационная среда обучения. СПб.: Свет, 1997. 400 с.
13. Фридман Л. М. Педагогический опыт глазами психолога: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1987.
14. Эльконин Д. Б. Психология игры. М., Педагогика, 1978.
15. Пейперт С. Переворот в сознании. Дети, компьютеры и плодотворные идеи: Пер. с англ. М.: Педагогика, 1989.
16. Дубровский В. Н., Поздняков С. Н. Динамическая геометрия в школе. Занятие 1 // Компьютерные инструменты в образовании. 2008. № 1. С. 21–31.
17. Полиа Г., Сеге Г. Задачи и теоремы из анализа. (В 2-х частях) // Пер. с нем. 3-е изд., М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1978. Ч. 1. 392 с.; Ч. 2. 432 с.
18. Нивергельт Ю. Прагматическое введение в разработку учебных материалов, предназначенных для обучения с помощью ЭВМ // Компьютер. 1980. № 9. С. 7–21.
19. Малоземов В. Н. Ранняя история программированного обучения // Компьютерные инструменты в образовании. 2000. № 3–4. С. 40–46.
20. Лаина П. И. Результативность обучения математике в школе.: Дис. канд. пед. наук. Л., 1991.
21. Дьюи Дж. Психология и педагогика мышления / под ред. Н. Д. Виноградова; пер. с англ. Н. М. Никольской. М.: Лабиринт, 1997. 208 с.
22. Шталов В. Ф. Куда и как исчезли тройки. М., 1979. 134 с.
23. Иванов С. Г., Поздняков С. Н. Компьютер в продуктивном обучении математике или как информационные технологии могут поддержать интеллектуальную свободу обучаемого // Компьютерные инструменты в образовании. 2003. № 5. С. 10–20.
24. Поздняков С. Н. Связь целеполагания в преподавании математики с её технологическим сопровождением // Компьютерные инструменты в образовании. 2019. № 3. С. 70–89. doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-70-89
25. Yagunova E., Podznyakov S., Ryzhova N., Razumovskaia E., Korovkin N. Tasks classification and age differences in task perception: Case study of international on-line competition “Beaver” // Proc. of the 8th ISSEP Conf. Univ. of Ljubljana. 2015. P. 33–43.
26. Pozdniakov S. N., Chukhnov A. S., Pangina N. N. Analysis of the Understanding of the Material of Theoretical Informatics in Competitions and Olympiads in Informatics // Computer tools in education. 2018. № 2. 3. 55–67.
27. Chukhnov A. S. “Constructive Tasks as a Tool of Invasive and Non-invasive Assessment of Knowledge,” Computer tools in education. 2019. № 3. P. 96–104. doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-96-104
28. Чухнов А. С. Конструктивные задачи в олимпиадах по математике и информатике // Компьютерные инструменты в образовании. 2018. № 6. С. 56–62. doi:10.32603/2071-2340-2018-6-56-62
29. Акимущкин В. А., Поздняков С. Н. Задача о максимальном паросочетании и задача о назначениях // Компьютерные инструменты в образовании. 2013. № 6. С. 42–51.
30. Akimushkin V. A., Pozdniakov S. N., Chukhnov A. S. Constructive Problems in the Structure of the Olympiad in Discrete Mathematics and Theoretical Informatics // Olympiads in Informatics. 2017. Vol. 11. P. 3–18.
31. Chukhnov A., Maytarattanakhon A., Posov I., Pozdniakov S. Constructive Graph Tasks in Distant Contests // Informatics in Education. 2020. Vol. 19, № 3. P. 343–359.
32. Pozdnyakov S., Bogdanov M., Pukhov A. Multiplicity of the knowledge representation forms as a base of using a computer for the studying of the discrete mathematics // Pedagogika. 2009. Vol. 96. P. 136–142.
33. Богданов М. С. Автоматизация проверки решения задачи по формальному описанию ее условия // Компьютерные инструменты в образовании. 2013. № 4. С. 51–57.

34. *Bannon L., Budker S.* Constructing Common Information Spaces // Proceedings of the Fifth European Conference on Computer Supported Cooperative Work. Springer, Dordrecht. 1997. P. 81–96. doi: 10.1007/978-94-015-7372-6_6
35. *Поздняков С. Н.* Единое информационное образовательное пространство «Педвуз-Школа» в контексте конструирования общих информационных пространств // Отчет по проекту Б-15/99 РГПУ им. Герцена «Единое информационное образовательное пространство «Педвуз-Школа» (рук. проф. Извозчиков В. А.). 36 с.

Поступила в редакцию 31.08.2020, окончательный вариант — 08.10.2020.

Чухнов Антон Сергеевич, старший преподаватель кафедры алгоритмической математики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), ✉ septembreange@gmail.com

Поздняков Сергей Николаевич, доктор педагогических наук, заведующий кафедрой алгоритмической математики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), ✉ pozdnkov@gmail.com

Computer tools in education, 2020

№ 4: 113–145

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2020-4-113-145

Pedagogical and Methodological Aspects of Non-Invasive Monitoring (case of Teaching Mathematics at School and University)

Chukhnov A. S.¹, lecturer, ✉ septembreange@gmail.com

Pozdnyakov S. N.¹, PhD, ✉ pozdnkov@gmail.com

¹Saint Petersburg Electrotechnical University,
5, building 3, st. Professora Popova, 197376, Saint Petersburg, Russia

Abstract

The development of information technologies makes it possible to record a large amount of data in the learning process, both on the results of performing educational operations and on the psychophysical characteristics of students. In this regard, a number of ethical, pedagogical and methodological problems arise. Among them are the disproportionate control actions to the volume and properties of information retrieved during monitoring and problems associated with ensuring the information security of the student.

In contrast to natural monitoring, monitoring the management of teaching has as an object of training a person, who can be considered, from the point of view of management, as a highly organized information system. The article is devoted to the study of the problem of non-invasive monitoring, involving the redirection of most of the monitoring information to the student himself. As a definition of non-invasive monitoring, the following is proposed:

non-invasive monitoring is a type of pedagogical feedback that is used exclusively for correcting the student's actions and is prohibited from using to control the effectiveness and transfer the results outside class.

The article analyzes 15 different teaching paradigms, which are explicitly or implicitly adhered to by teachers, organizing the educational process, from the point of view of compliance with the tasks of non-invasive monitoring. The methodological aspects of the implementation of non-invasive monitoring from the point of view of computer support of the learning process are also analyzed. It is shown how non-invasive monitoring can be supported by software that provides active interaction of the student with the subject environment and gives the teacher more freedom in planning and achieving strategic goals of managing the educational process.

Keywords: *pedagogical feedback, non-invasive monitoring of the educational process, digital technologies, pedagogical paradigms, teaching mathematics.*

Citation: A. S. Chukhnov and S. N. Pozdnyakov, "Pedagogical and Methodological Aspects of Non-Invasive Monitoring (on the Example of Teaching Mathematics at School and University)," *Computer tools in education*, no. 4, pp. 113–145, (in Russian); doi:10.32603/2071-2340-2020-4-113-145

References

1. N. Vavilov, "Reshaping the metaphor of proof," *Phil. Trans. R. Soc. A*, vol. 377, no. 2140, pp. 1–18, 2019; doi: 10.1098/rsta.2018.0279
2. M. A. Kholodnaya, *Kognitivnye stili: O prirode individual'nogo uma* [Cognitive Styles: On the Nature of the Individual Mind], Saint Petersburg: Piter, 2004 (in Russian).
3. N. Ya. Vilenkin, O. S. Ivashev-Musatov, and S. I. Shvartsburd, *Algebra i nachala matematicheskogo analiza. 11 klass.* [Algebra and calculus], Moscow: Mnemozina, 2015 (in Russian).
4. M. I. Bashmakov, *Matematika: ucheb. posobie dlya 10–11 klassov gumanitarnogo profilya* [Mathematics: textbook for grades 10–11 of the humanitarian profile], Moscow: Prosveshchenie, 2004 (in Russian).
5. V. A. Rokhlin, "Lektsiya o prepodavanii matematiki nematematikam" [Lecture on teaching mathematics to non-mathematicians], *Matem. prosv.*, vol. 3, no. 8, pp. 21–36, 2004 (in Russian).
6. A. A. Korenev, "Feedback in learning, teaching and educational communication," *Rhema*, no. 2, 2018 (in Russian).
7. L. A. Petrushenko, *Princip obratnoj svyazi* [Principle of feedback], Moscow: Mysl', 1967 (in Russian).
8. K. A. Bessonov, "Feedback in pedagogical interaction," *Juvenis scientia*, no. 2, pp. 86–89, 2016 (in Russian).
9. O. D. Luk'yanenko, "Feedback in didactic informational interaction between the teacher and the students," *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences*, vol. 12, no. 33, pp. 367–371, 2007 (in Russian).
10. J. Hattie and H. Timperley, "The Power of Feedback," *Review of Educational Research*, vol. 77, no. 1, pp. 81–112, 2007; doi: 10.3102/003465430298487
11. B. S. Eaves and P. Shafto, "Unifying pedagogical reasoning and epistemic trust," *Advances in Child Development and Behavior*, no. 43, pp. 295–319, 2012; doi: 10.1016/B978-0-12-397919-3.00011-3
12. M. I. Bashmakov, S. N. Pozdnyakov, and N. A. Reznik, *Informatsionnaya sreda obucheniya* [Learning Information Environment], Saint Petersburg, Russia: Svet, 1997 (in Russian).
13. L. M. Fridman, *Pedagogicheskii opyt glazami psikhologa: kn. dlya uchitelya* [Pedagogical experience through the eyes of a psychologist: the book for a teacher], Moscow: Prosveshchenie, 1987 (in Russian).
14. D. B. Elkonin, *Psychology of game*, Moscow: Pedagogika, 1978 (in Russian).
15. S. Papert, *Perevorot v soznanii. Deti, komp'yutery i plodotvornye idei* [Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas], Moscow: Pedagogika, 1989 (in Russian).
16. V. N. Dubrovsky and S. N. Pozdnyakov, "Dynamical geometry in school. Lesson 1," *Computer tools in education*, no. 1, pp. 21–31, 2008 (in Russian).
17. G. Polya and G. Szego, *Problems and Theorems in Analysis (in 2 parts)*, Moscow: Nauka, 1978.

18. J. Nievergelt, "A pragmatic introduction to courseware design," *Computer*, no. 9, pp. 7–21, 1980.
19. V. N. Malozemov, "Rannaya istoriya programmirovannogo obucheniya," [Early history of programmed learning], *Computer tools in education*, no. 3-4, pp. 40–46, 2000 (in Russian).
20. P. I. Laina, *Rezultativnost' obucheniya matematike v shkole* [The efficiency of teaching mathematics at school], Diss. candidate of pedagogical sciences, Leningrad, USSR, 1991 (in Russian).
21. J. Dewey, *Psychology and Pedagogics of Thinking*, N. D. Vinogradova ed., Moscow: Labyrinth, 1997 (in Russian).
22. V. F. Shatalov, *Where and how the troikas disappeared*, Moscow: Pedagogika, 1979 (in Russian).
23. S. G. Ivanov and S. N. Pozdnyakov, "Komp'yuter v produktivnom obuchenii matematike ili kak informatsionnye tekhnologii mogut podderzhat' intellektual'nuyu svobodu obuchaemogo" [Computer in productive teaching of mathematics or how information technologies can support the intellectual freedom of the student], *Computer tools in education*, no. 5, pp. 10–20, 2003 (in Russian).
24. S. N. Pozdnyakov, "Connection of Goal-Setting in Mathematics Teaching with Its Technological Support," *Computer tools in education*, no. 3, pp. 70–89, 2019 (in Russian); doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-70-89
25. E. Yagunova, S. Podznyakov, N. Ryzhova, E. Razumovskaia, and N. Korovkin, "Tasks classification and age differences in task perception: Case study of international on-line competition "Beaver"," in *Proc. of the 8th ISSEP Conf. Univ. of Ljubljana*, pp. 33–43, 2015.
26. A. S. Chukhnov, S. N. Pozdnyakov, and N. N. Pangina, "Analysis of the Understanding of the Material of Theoretical Informatics in Competitions and Olympiads in Informatics," *Computer tools in education*, no. 2, pp. 55–67, 2018; doi: 10.32603/2071-2340-2018-2-55-67
27. A. S. Chukhnov, "Constructive Tasks as a Tool of Invasive and Non-invasive Assessment of Knowledge," *Computer tools in education*, no. 3, pp. 96–104, 2019; doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-96-10
28. A. S. Chukhnov, "Constructive Problems in Competitions in Mathematics and Computer Science," *Computer tools in education*, no. 6, pp. 56–62, 2018 (in Russian); doi: 10.32603/2071-2340-2018-6-56-62
29. V. A. Akimushkin and S. N. Pozdnyakov, "Review of Educational Data Mining methods as applied to interaction protocols analysis in «scientific games»," *Computer tools in education*, no. 6, pp. 42–51, 2013 (in Russian).
30. V. A. Akimushkin, S. N. Pozdnyakov, and A. S. Chukhnov, "Constructive Problems in the Structure of the Olympiad in Discrete Mathematics and Theoretical Informatics," *Olympiads in Informatics*, vol. 11, pp. 3–18, 2017.
31. A. Chukhnov, A. Maytarattanakhon, I. Posov, and S. Pozdnyakov, "Constructive Graph Tasks in Distant Contests," *Informatics in Education*, vol. 19, no. 3, pp. 343–359, 2020; doi: 10.15388/infedu.2020.16
32. M. Bogdanov, S. Pozdnyakov, and A. Pukhov, "Multiplicity of the knowledge representation forms as a base of using a computer for the studying of the discrete mathematics," *Pedagogy Studies/Pedagogika*, vol. 96, pp. 136–142, 2009.
33. M. S. Bogdanov, "Avtomatizatsiya proverki resheniya zadachi po formal'nomu opisanii ee usloviya" [Automation of checking the solution of a problem by the formal description of its condition], *Computer tools in education*, no. 4, pp. 51–57, 2006 (in Russian).
34. L. Bannon and S. Budker, "Constructing Common Information Spaces," in *Proc. of the Fifth European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 1997, pp. 81–96; doi: 10.1007/978-94-015-7372-6_6
35. S. N. Pozdnyakov, "Edinoe informacionnoe obrazovatel'noe prostranstvo «Pedvuz-Shkola» v kontekste konstruirovaniya obshhih informacionnyh prostranstv" [Uniform information educational space "Teacher training University School" in the context of designing of the general information spaces], *Report on the project B-15/99 "Unified educational information space "Pedvuz-School"™*, Herzen State Pedagogical University, Saint Petersburg, Russia.

Received 31.08.2020, the final version — 08.10.2020.

Anton Chukhnov, lecturer of Department of Algorithmic Mathematics Saint Petersburg Electrotechnical University, ✉ septembreange@gmail.com

Sergei Pozdnyakov, PhD, Head of Algorithmic Mathematics Department, Saint Petersburg Electrotechnical University, ✉ pozdnkov@gmail.com