

estestvennonauchnogo obrazovaniya shkol'nikov: metodologiya issledovaniy, sostoyanie problemy v teorii i praktike]. Saint-Petersburg.

2. Kharlamov, I.F. (1999). Pedagogy [*Pedagogika*]. Moscow.
3. Pozharskaya, A. V. (2017). Formation of Aesthetic Worldview of Teenagers by Means of Artistic and Pictorial Activity [*Formirovanie esteticheskogo mirovospriyatiya u podrostkov posredstvom khudozhestvenno-izobrazitel'noy deyatel'nosti*] [dissertation]. Saratov.
4. Shcherbatykh, S. V. (2012). Methodological system of teaching stochastics in profile classes of general education school [*Metodicheskaya sistema obucheniya stokhastike v profil'nykh klassakh obshcheobrazovatel'noy shkoly*] [dissertation]. Moscow.
5. Slobodchikov, V.I. (2013). Human Psychology: Introduction to the Psychology of Subjectivity [*Psikhologiya cheloveka: Vvedenie v psikhologiyu sub"ektivnosti*]. Moscow.
6. Stuart, Y. (1996). Modern Transaction Analysis [*Sovremennyy tranzaktnyy analiz*]. Saint-Petersburg.

DOI: 10.24888/2500-1957-2020-3-48-61

УДК
378.147

**ИНТЕЛЛЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ
МОДЕЛИРОВАНИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ**

Евгений Иванович Смирнов

д.п.н., профессор

smiei@mail.ru

г. Ярославль

Светлана Николаевна Дворяткина

д.п.н., доцент

sobdvor@yelets.lipetsk.ru

г. Елец

Сергей Викторович Щербатых

д.п.н., профессор

shcherserg@mail.ru

г. Елец

Ярославский государственный
педагогический университет им.
К.Д. Ушинского

Елецкий государственный университет им.
И.А. Бунина

Аннотация. В настоящей статье исследуются проблемы организации исследовательской деятельности обучаемых в процессе адаптации современных достижений в науке к школьной математике средствами компьютерного и математического моделирования посредством интеллектуального управления. Исследование касается применения нейронных сетей для решения задач моделирования обобщенных конструкций сложного знания с целью освоения школьниками современного раздела математики. Разработана технология организации исследовательской деятельности на основе использования гибридных интеллектуальных систем в ходе адаптации современных достижений науки на базе математического моделирования и компьютерного дизайна с проявлением эффектов самоорганизации личности. В ходе освоения сложного понятия через историогенез и спектр его приложений выстроены технологические конструкты кластеров фундирования компонентов обобщенной структуры в направлении построения индивидуальных образовательных траекторий школьников с использованием гибридных нейронных сетей. Выявлено содержание и этапы освоения обобщенных

конструктов современного научного знания обучающимися в соответствии с их личностными предпочтениями. Реализовано множественное целеполагание и технология процессов освоения обобщенных конструктов сложного математического знания, разработаны средства коммуникации на основе интеграции математических, информационных, естественнонаучных и гуманитарных знаний и процедур.

Ключевые слова: обучение математике в школе, исследовательская деятельность, математическая деятельность, интеллектуальное управление.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-29-14009).

Введение

Сложность как философская и педагогическая категория становится феноменом современного развития наук, технологий, экономики, образовательных тенденций, социальных коммуникаций. Современный мир характеризуется изменчивостью, самоорганизацией и случайными эффектами, множественностью тенденций и вариантов развития, поливалентностью трактовки ситуаций и явлений, нестандартностью образовательного опыта и ростом личностных предпочтений обучающихся. Поэтому проблема самоорганизации исследовательской деятельности и саморазвития школьника в процессе обучения математике определяет необходимость проектирования упорядоченных, генерализированных и направленных в единую мотивационно-прикладную целостность комплексов исследовательских заданий. Компоненты актуализации когнитивной деятельности в ходе освоения мотивационно-ценностных и исследовательских, метакогнитивных и эмоционально-волевых, социальных и личностных стратегий поведения обучающегося должны фундаментализировать при этом базовые конструкты школьного предметного содержания обучения математике. Это создает уникальную возможность становления и расширения творческого опыта личности обучающегося на основе текущих состояний, формирования и развития критического мышления с опорой на наглядное моделирование процессов освоения сложного знания на основе адаптации современных достижений в науке. При этом возможность адаптации современных достижений в науке к школьной математике создает развивающий эффект интегративного взаимодействия математики с информационными технологиями в ходе освоения фундаментальных цепочек научно-исследовательских заданий на основе математического и компьютерного моделирования. При этом происходит усиление и повышение учебной мотивации, выявляются связи математики с реальной жизнью и практикой, создается феномен и прецедент проявления выявления сущности обобщенных конструктов и синергетических эффектов в освоении сложного математического знания. При этом ключевым аспектом феномена проявления исследовательской деятельности и синергетических эффектов в обучении математике может стать возможность адаптации современных достижений в науке на основе интеллектуального управления и актуализации этапов проявления сущности сложных математических знаний, явлений и процедур в контексте развертывания индивидуальных образовательных траекторий обучающихся. Тем самым, настоящее исследование представляет собой попытку разработки технологии самоорганизации исследовательской деятельности в освоении сложного знания средствами интеллектуального управления в ходе развертывания индивидуальных образовательных траекторий на основе адаптации современных достижений в науке.

Методология, методы и технологии

Реализация объявленной концепции связана с освоением обучающимися фундаментальных цепочек исследовательских заданий по освоению сложного знания

средствами математического и компьютерного моделирования в насыщенной информационно-образовательной среде [1; 9; 15; 16]. Эффективным инструментом и мотиватором освоения сложного знания и процессов самоорганизации личности может являться исследование и адаптация к школьной математике современных достижений в науке, ярко и значимо представленных в приложениях к реальной жизни, развитию других наук, высоким технологиям и производствам. Разработка философской концепции сложности (И. Кант, Г.В. Гегель, И. Пригожин, Г. Хакен, В.В. Орлов, И.С. Утробин, Х. Альвен, Т.С. Васильева и др.) опосредована обширным экспериментальным материалом, практикой и взаимозависимостью интегративных процессов в науке, технологиях, экономике, социальных преобразованиях и образовательных парадигмах [7; 10]. В познании сложного сам процесс познания «становится коммуникацией, петлей между познанием (феноменом, объектом) и познанием этого познания» (Э. Морен). В понимании Э. Морена познание сложности природных и технологических процессов самоорганизации материи, энергии и информации необходимым атрибутом становится сложное мышление индивида по выявлению сущности синергетических эффектов [8]. Более радикальный вопрос задает Т.В. Черниговская — учёный в области нейронауки и психолингвистики [14]: «... Является ли сознание индивида следствием сложности? Можно ли сказать, что мозг, начав от примитивных существ на планете, бесконечно усложняясь, приходит к некоему порогу, когда возникает сознание? Если это так, нет препятствий к тому, чтобы стремительно растущие технологии в области искусственного интеллекта не достигли этого результата». Данный подход особенно важен для математического образования, где естественным образом возникающие многоступенчатые абстракции предметного содержания создают условия для таких обобщений в ходе актуализации и исследования «проблемных зон» в обучении математике, а также другим естественнонаучным и гуманитарным дисциплинам. Примером этому могут служить известные психологические исследования математического образования, проведенные Л.В. Занковым, Н.Ф. Талызиной, В.А. Крутецким, И.С. Якиманской, В.Д. Шадриковым и другими крупными отечественными психологами. Проявление закономерностей переходов на более высокие уровни сложности как составляющих конкретно-всеобщей теории развития, множественность, непредсказуемость, эмерджентность и неравновесность процессов развития наук и технологий не может не быть увязана с категориями становления сущности объектов, явлений и процессов (В.В. Орлов, Ст. Бир, Н.Винер, Дж. фон Нейман и др.). Особенно такие процедуры проявляются при исследовании и адаптации к школьной математике сложного математического знания путем поэтапного и полифункционального проявления его обобщенной сущности в ходе исследования ее интеграции со школьными учебными элементами в форме развертывания фундирующих цепочек научно-исследовательских заданий (например, [12; 13]).

Перспективным направлением в решении сложных задач управления познавательной деятельностью обучаемых, направленной на повышение их уровня самоорганизации и самообучения при непрерывном снижении степени участия преподавателя, является разработка интеллектуальных систем обучения на основе методов искусственного интеллекта. Интеллектуальное управление процессом обучения в триаде «педагог – компьютер – обучающийся» требует гибридного подхода в симбиозе математического и компьютерного моделирования содержания и иерархий знаний и процедур, интерактивной интеллектуальной обучающей и оценочной деятельности в информационных средах, в которых интегрированы функции экспертных систем, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов. Открытым в данном направлении управления образовательным процессом остается вопрос разработки комплекса методов, алгоритмов, методик и характеристик технического и программного обеспечения, осуществляющих процедуры выстраивания иерархий, способов распознавания по фрагменту, оценивания уровня освоенности предметных знаний и процедур (распознавание образа в экспертных системах) в компьютерно-имитационной среде. Отличительной особенностью является то, что данная

предметная область характеризуется большой степенью неопределенности, случайности, нестабильности, влиянием разнообразных факторов, вследствие чего построение и использование точных моделей обучения на основе феноменологии, классического математического аппарата и компьютерного моделирования зачастую является неэффективным. Вследствие этого все больше работ отечественных и зарубежных авторов для решения сложных задач разработки интеллектуальных обучающих систем используют широкий спектр методов искусственного интеллекта: экспертные системы, искусственные нейронные сети, нечеткую логику, генетические алгоритмы, а также гибридные подходы с другими математическими направлениями. Использование интеллектуальных систем в образовании (нейронные сети, нечеткая логика, клеточные автоматы, гибридные экспертные системы с нечеткой логикой и т.п.) активно реализуются в разработке инструментальных сред и программных комплексов оценки знаний и компетентности студентов (О.И. Пятковский, М.В. Гунер, Т.А. Гаврилова, А. Пегат, Д. Рутковская, О.В. Махныткина, В.В. Жуйков и др.).

Изложенное выше, позволило сформулировать:

1. Цель исследования — разработать методологические, теоретические и технологические основы и Концепцию создания и функционирования инструментальной гибридной интеллектуальной среды организации исследовательской деятельности школьников на основе синергетического и фрактального подходов, адаптации современных достижений в науке к школьной математике;

2. Задачи исследования:

- разработать и реализовать программный комплекс с использованием нейронных сетей, экспертных систем и нечеткого моделирования параметров, правил структуризации данных дидактического поля учебных элементов в ходе организации исследовательской деятельности субъекта, взаимодействия интеллектуальной системы и эксперта (педагога) с проявлением синергетических эффектов развития личностных качеств и мышления обучающихся;
- разработать и обосновать методику сопровождения и поддержки исследовательской деятельности школьников и проявления синергии математического образования на основе адаптации современных достижений в науке, методику оценки знаний и компетенций обучающихся с использованием интеллектуальных систем в насыщенной информационно-образовательной среде;
- научно обосновать и определить содержание и структуру интеллектуальной обучающей системы в интерактивной триаде «педагог – компьютер – обучающийся» на основе синергетического и фрактального подходов, компьютерного моделирования и гибридного интерфейса;
- провести вычислительные эксперименты и проверить эффективность и валидность полученных результатов.

3. Ведущую идею концепции: ключевым аспектом феномена развития и проявления синергетических эффектов и развития личности в обучении математике является освоение сложного знания на основе адаптации современных достижений в науке в насыщенной информационно-образовательной среде с использованием гибридных интеллектуальных систем, представляющих следующие возможности:

- актуализации этапов и исследования характеристик освоения сущности сложных математических знаний, явлений и процедур на основе цифровизации образовательной среды, фрактального и синергетического подходов, понимания в процессах развертывания фундирующих цепочек содержания исследовательской деятельности в освоении и исследовании сложного знания, самоорганизации личности;

- создания условий для коммуникаций, индивидуального выбора предпочтений и эффективного диалога математической, информационной, естественнонаучной и гуманитарной культур;
- наглядного моделирования фундирующих модусов развития опыта и личностных качеств обучающегося в контексте создания, освоения и реализации иерархических комплексов и банков многоэтапных математико-информационных исследовательских заданий в направлении выявления сущности обобщенных конструктов современного научного знания;
- выявления атрибутов самоорганизации содержания, процессов и взаимодействий (параметризация и обобщение, аттракторы, точки бифуркации, бассейны притяжения, итерационные процедуры и т.п.) в ходе освоения и исследования «проблемных зон» математики и оценки знаний и компетенций школьников на основе актуализации и адаптации современных достижений в науке (обобщенных конструктов современного знания) и использования гибридных интеллектуальных систем в контексте синергетического и фрактального подходов.

Инновационная технология организации исследовательской деятельности на основе использования гибридных интеллектуальных систем

Задачи исследования современных достижений в науке:

- освоить средствами математического и компьютерного моделирования приемов и этапов адаптации обобщенного научного знания к процессам математической деятельности с эффектами самоорганизации обучающихся;
- выявить и обосновать математические результаты в ходе освоения и исследования этапов проявления сущности обобщенного конструкта (построить спираль фундирования сущности); построить графы согласования учебных элементов с элементами обобщенных конструкций; обеспечить наглядность моделирования и высокий уровень учебной мотивации школьников в контексте актуализации приложений и конкретизации сущности обобщенного конструкта на основе самоорганизации;
- отразить и актуализировать тезаурус синергии математического образования в ходе исследовательской деятельности обучающихся: флуктуации, точки бифуркации, аттракторы, бассейны притяжения и т.п.;
- развивать дивергентное мышление и творческую самостоятельность обучающихся на фоне освоения интегративных конструктов математических знаний и процедур, учета вероятных и невероятных обстоятельств, конструирования содержания, этапов, базовых и вариативных характеристик объекта проектирования;
- развивать умения адаптироваться и развиваться в социальных коммуникациях и когнитивной деятельности на основе диалога математической, информационной, естественнонаучной и гуманитарной культур.

Концептуальное моделирование. В последнее десятилетие интерес к аппарату искусственных нейронных сетей в контексте количественного и качественного увеличения практики его применения в сфере образования значимо усилился. В современных психолого-педагогических исследованиях обучение рассматривается как интеллектуальный процесс, позволяющий проектировать и реализовывать индивидуальные образовательные маршруты в зависимости от уровня предметной подготовки и индивидуально-психологических особенностей обучающихся в условиях гибридной обучающей среды (П.Д. Басалин, А.Е. Тимофеев, Е.А. Кумагина, Е.А. Неймарк, И.А. Фомина и Н.Н. Чернышова и др.). Перспективными представляются новые междисциплинарные направления исследований в изучении сложных самоорганизующихся систем. Ведущую роль в анализируемом аспекте играет синергетический подход в образовании, который определяет проектирование индивидуальных образовательных сред, складывающихся из образовательных элементов

разных уровней на основе процессов самоорганизации ее субъектов. Синергетический подход (Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, В.П. Милованов, И.Р. Пригожин, В.С. Секованов, Е.И. Смирнов, Г. Хакен и др.) основан на механизмах междисциплинарного взаимодействия с целью создания новых, более сложных структур, обладающих новым качеством.

Интеллектуальное управление в математическом образовании обучающихся – это использование функционала интеллектуальных систем (в том числе, гибридных искусственных нейронных сетей) в условиях открытости (к внешним воздействиям и факторам) и синтеза математического и компьютерного моделирования с целью *выявления сущности и эффективности математических и оценочных процедур* на основе индивидуализации обучения математике и актуализации персонифицированной и компьютеризированной обратной связи когнитивных и оценочных процессов. Оно характеризуется:

- функционированием стохастических, пороговых, бифуркационных и флуктуационных переходов поисковых и творческих процедур содержания когнитивной деятельности школьника;
- оценкой результатов образования на основе реализации экспертных систем с нечеткой логикой и гибридных нейронных сетей;
- множественностью целеполагания функционала и содержания компьютерного моделирования процессов обработки и учета персонифицированных баз данных изображений, текстов, сигналов, табличных данных на основе эффективной обратной связи;
- диалогом математической, информационной, естественнонаучной и гуманитарной культур и итоговых эффектов синергии и самоорганизации школьников в исследовательской деятельности и оценивании качества знаний и компетенций;
- оптимизацией результатов функционирования интеллектуальных систем в направлении их классификации, кластеризации, сегментации, регрессии в соответствии с эталонами и образцами интеллектуального управления когнитивной деятельностью и оценкой результатов математического образования.

Технология и методы. Направление возможного использования интеллектуальных систем в образовании можно связать с повышением качества исследовательской деятельности обучающихся и инновационной деятельности педагога. Это могут быть такие параметры качества как: уровень научной подготовки, мотивация, организованность, настойчивость и ответственность, творческое саморазвитие и самореализация, критическое мышление, самостоятельность, работа в команде, межкультурное взаимодействие, действия в условиях неопределенности, самосовершенствование, потребность в интеллектуальной деятельности, сбор, изучение и обработка информации, анализ проблемы, практическая значимость проекта, самооценка (объективность) [6], технологическая готовность к поиску, самооценка личностного роста, творческая самостоятельность и т.п. Будем исходить из того, что система параметров элементов научности познания и качества исследовательской деятельности школьников, состоит, в том числе, из *трех кластеров параметров: научного мышления, научной деятельности и научного общения* [10]. Предельным аттрактором исследовательской деятельности школьников должна стать *база данных современных достижений в науке* (элементы фрактальной геометрии, теории кодирования и шифрования информации, нечеткие множества и fuzzy logic, обобщенные функции, клеточные автоматы и т.п.), дифференцированная по факторам отражения содержания координатных параметров куба сущности Е.И. Смирнова [12], опирающихся, в том числе, на типологию модальностей восприятия информации [5; 7]. Модель гибридной интеллектуальной системы организации исследовательской деятельности представлена на рис. 1.

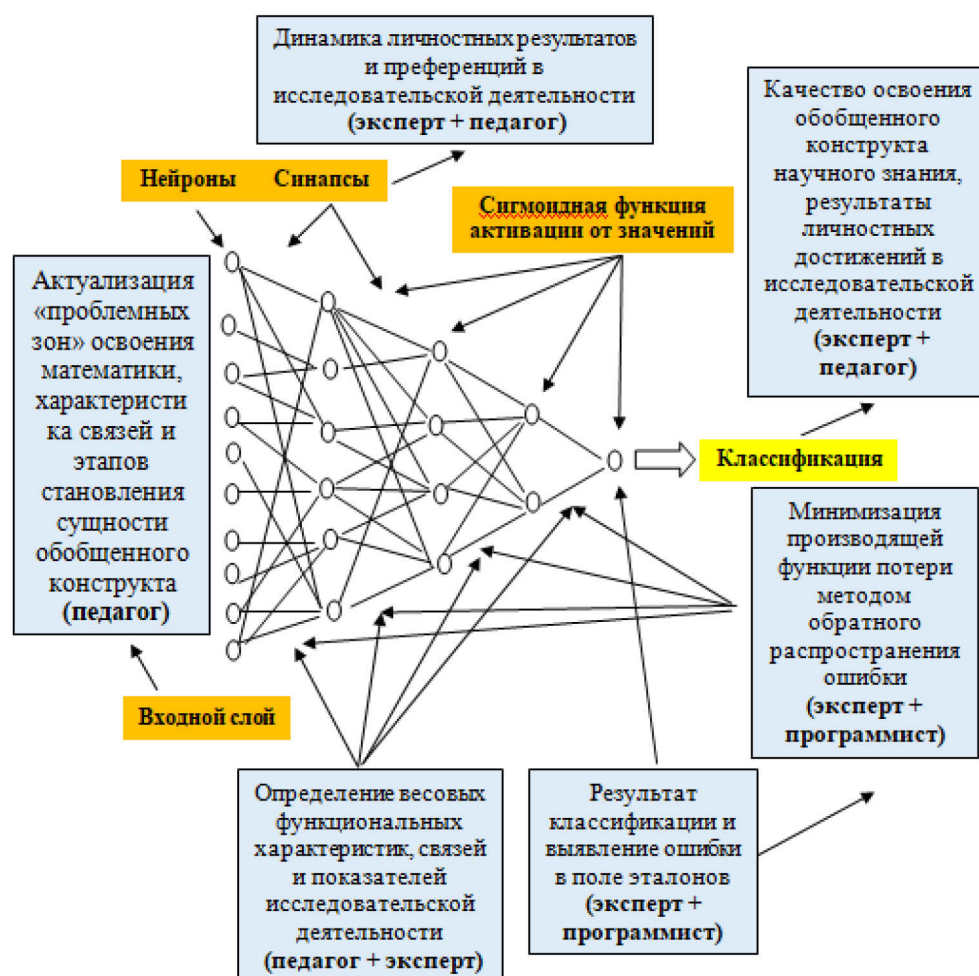


Рис. 1. Модель гибридной интеллектуальной системы организации исследовательской деятельности

Кроме того, фактором дифференциации элементов базы данных современных достижений в науке может стать уровень сложности обобщенного конструкта (3 уровня). Содержание базы данных обобщенных конструктов и ее формальное представление в виде иерархического дерева (Б1) проектируется экспертами и реализуется обучающимися, а инструментальная среда и программный комплекс разрабатывают программисты. Каждая вариация обобщенного конструкта является конечной точкой иерархического дерева подзадач, выстроенных в логические цепочки и оснащенных инструкциями, информационным блоком и библиографическим списком литературы. В основе иерархического дерева лежит (Б2) база данных научно и учебно-исследовательских проектов (рис. 2) с аналогичным оснащением (число таких проектов в нашей конкретизации на 10 обобщенных конструктов может быть не более 40).

На каждом уровне иерархического дерева решателями (эксперты) формируется база данных логического продолжения исследования конкретного блока предыдущего уровня (и тем самым, конструирование содержания следующего уровня) в соответствии с факторами: выбора параметров научности познания (Н), состояния модальностей восприятия и предпочтений (М) и успешности освоения исследовательской деятельности школьника (К). Таким образом, в итоге формируется *индивидуальная образовательная траектория* исследовательской деятельности в соответствии с состоянием личностного развития школьника (факторы (Н), (М) и (К)).

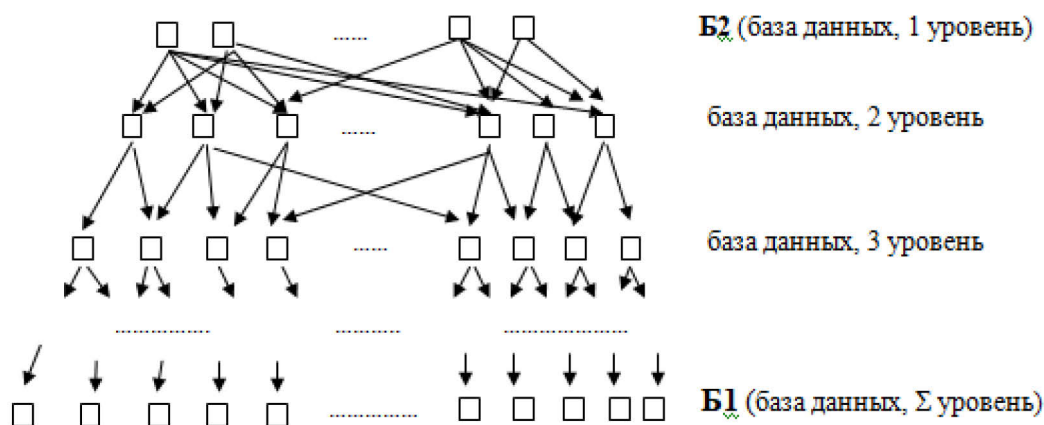


Рис. 2. Иерархическое дерево цепочек исследовательских заданий

Технологические конструкторы исследовательской деятельности

1. Компоненты, актуализация и организация процессов адаптации обобщенного конструктора «зоны современных достижений в науке» к содержанию школьной математики (вариативность дефиниций, способов представления и условий существования — историогенез, практико-ориентированность, экспериментальные и прикладные методы и процедуры; верификация аналогий и ассоциаций обобщенного конструктора, компьютерное и математическое моделирование конкретных проявлений сущности обобщенного конструктора; противоречия и доступность математического аппарата и методов – графы согласования знаний и методов, наглядное моделирование и фундирующие процедуры; актуализация атрибутов синергии и интеграции знаний, поиск устойчивых кластеров эмпирических обобщений и приложений (уроки-лекции, видео - клипы, лабораторно-расчетные занятия, ресурсные занятия, проектные методы, компьютерный дизайн и вычислительные процедуры, презентации, деловые игры, научные конференции и семинары):

Мотивационное поле: Наглядное моделирование (уроки-лекции, видео - клипы, проектная деятельность, презентации, деловые игры) мотивационно - прикладных ситуаций различных проявлений сущности обобщенного конструктора: Данная фаза адекватно реализуется в 10-12 мероприятиях урочной или внеурочной деятельности.

Задачи для актуализации развертывания индивидуальных образовательных траекторий для малых групп школьников (определение состава и направленности малых групп, распределение ролей, выбор и актуализация практико-ориентированной исследовательской деятельности по этапам фундирования и адаптации обобщенного конструктора :

1. Презентовать историко-генетическое и проблемное обоснование появления и приложений обобщенного конструктора «проблемной зоны» средствами наглядного моделирования и поддержки интеллектуальной среды (построение, вычисление, свойства, вариации, лабораторно-расчетные занятия, использование компьютерного моделирования [15-17], выявление тенденций и фаз, презентации);
2. Исследовать средствами компьютерного и математического моделирования реальный функционал, операциональность и прикладной контекст процессов и процедур, эффективно решаемых особенностями математического аппарата и специальных методов на основе поддержки интеллектуальной среды (концептуальное моделирование, математические модели и компьютерный дизайн, вариации и характеристики, вычисление и построение, прикладные задачи, ресурсные и лабораторно-расчетные занятия, использование MathLab, ClassPad400, GeoGebra, Excel, выявление закономерностей и презентации);
3. Экспериментально исследовать средствами компьютерного и математического моделирования способы и вариативность построения математических конструкторов

(построение, вычисление, вариации, прикладные задачи, лабораторно – расчетные занятия, использование ClassPad400, кроссплатформенной среды Qt Creator, выявление закономерностей и презентации);

4. Исследовать средствами компьютерного и математического моделирования реальные приложения и прикладные задачи на основе использования проявлений сущности обобщенного конструкта (построение, вычисление, вариации, прикладные задачи, ресурсные и лабораторно – расчетные занятия, использование ClassPad400, систем компьютерной алгебры Maple, MathCad, MathLab, выявление закономерностей и презентации);

2. Множественное целеполагание процессов исследования обобщенного конструкта «зоны современных достижений в науке»

- выявление содержания, этапов фундирования сущности обобщенного конструкта, формализации, историогенеза, наличие образцов проявления сущности на эталонном и ситуативном уровнях; наглядное моделирование интеграции (графы согласования) математических, информационных, гуманитарных и естественнонаучных знаний на этапах проявления сущности; создание ситуаций интеллектуального напряжения и самоорганизации обучающихся, актуализация неопределенности и точек бифуркации математических процедур, механизмов самоопределения и самоактуализации в проблемных ситуациях в ходе освоения компонентов сущности обобщенного конструкта;
- множественный опыт решения микропроблем математического образования в режиме “warming up” и развития надситуационной активности (эмоциональное переживание, рефлексия, наглядное моделирование, инсайт, верификация решения, перенос);
- создание творческой среды в процессе освоения сущности обобщенного конструкта (стимулирование ситуации успеха; работа в малых группах и диалог культур; толерантность к неопределенности; готовность к дискуссиям и множественности решений проблемы; выявление и популяризация образцов творческого поведения и его результатов);
- сбор и разнообразие форм и методов представления информации, вероятностно-статистический, контентный, графический, кластерный, математический анализ данных, выявление закономерностей, аналогий, ассоциаций, динамики исследуемых процессов, явлений и фактов;
- освоение статистических пакетов и офисных редакторов, малых средств информатизации, систем компьютерной алгебры и Web- поддержки;
- анализ возможностей ИКТ – средств для проверки адекватности решения сложных задач математическими методами; развитие дивергентного мышления на фоне освоения интегративных конструктов, учета вероятных и невероятных обстоятельств, конструирования содержания, этапов, базовых и вариативных характеристик объекта проектирования; теоретическое и эмпирическое обобщение знаний и методов, интеграция знаний и методов на фоне получения нового качества взаимодействия, актуализация и становление в «зонах ближайшего развития» личностного опыта; умения адаптироваться и развиваться в социальных коммуникациях на основе диалога математической, информационной, естественнонаучной и гуманитарной культур;
- учет вероятных и невероятных обстоятельств, оценка их эффективности, умение ставить и решать задачи в условиях неопределенности; самоанализ эффективности стратегий и методов решения, выбор оптимального пути решения проблемы; самостоятельная постановка задачи и методов ее решения, надситуативный уровень мышления, стремление к преодолению стереотипов, гармонизация рефлексивных выходов, новый творческий продукт, оценка и прогноз дальнейших действий, мотивация самоактуализации.

Данная фаза адекватно реализуется в мероприятиях урочной или внеурочной деятельности.

3. Актуализация атрибутов синергии (бифуркации, аттракторы, флуктуации, бассейны притяжения) в процессе исследования обобщенного конструкта

Формы: дистанционное обучение проектных групп, лабораторно-расчетные занятия, многоэтапные математико-информационные занятия, научные конференции и семинары, сетевое взаимодействие и дискуссионные форумы;

Средства: математическое и компьютерное моделирование, QT Creator – кроссплатформенная свободная IDE для разработки на C++, педагогические программные продукты, малые средства информатизации ClassPad400, WebQuest – как средство интеграции Web-технологий с учебными предметами, Wiki-sites, Messenger, Skype;

Технологии: графы согласования математических знаний и процедур, работа в малых группах, WebQuest – как технология самоорганизации в коллективном творчестве, метод проектов, Wiki – технология, наглядное моделирование, фундирование опыта личности.

Данная фаза адекватно реализуется в мероприятиях урочной или внеурочной деятельности.

4. Эффективный диалог математической, информационной, естественнонаучной и гуманитарной культур на основе компьютерного и математического моделирования компонентов и этапов адаптации обобщенного конструкта «зоны современных достижений в науке» к школьной математике. Процесс проявления синергии знаний и процедур реализуется поэтапно согласно выделенным уровням актуализации диалога культур в направлении развертывания фундирующих дидактических процедур оснащения и освоения сущности обобщенного конструкта «зоны современных достижений в науке» и получения вероятно гарантированных результатов обучения математике:

- структурно-логический уровень интеграции знаний и процедур различных дисциплин в контексте диалога и единства многообразия культур в освоении обучающихся (в малых группах, деловых играх, сетевых взаимодействиях, презентациях, научных конференциях и семинарах) образцов проявления синергии на эталонном и ситуативном уровне исследования конкретных естественнонаучных и гуманитарных проблем математическими и компьютерными методами (распределение ролей в малых группах, построение и актуализация графов согласования межпредметных знаний и процедур, множественность формализации и конкретизации сущности обобщенного конструкта, освоение на практико-ориентированном уровне приемов логического и интуитивного мышления, варьирование модальностей восприятия информации – знаково-символической, образно-геометрической, вербальной, конкретно-деятельностной и тактильно-кинестетической);
- уровень актуализации единства и особенностей диалога культур в многообразии межкультурной коммуникации в продуктивном освоении этапов развертывания сущности обобщенного конструкта. Это проявляется в углубленном исследовании конкретной проблемы современного научного знания на основе многообразия проявлений математических структур (геометрических, алгебраических, топологических, стохастических), использования многообразия средств компьютерного моделирования (систем динамической геометрии – GeoGebra, Математический конструктор, Autograph, компьютерной алгебры – Mathcad, MathLab, Maple, Mathematica, малых средств информатизации - ClassPad400, кроссплатформенной среды Qt Creator, педагогические программные продукты, Web 2.0., Wiki и др.), естественнонаучных и гуманитарных приложений на основе математического и компьютерного моделирования. При этом основой диалога культур являются проявления сущности обобщенного конструкта на данном этапе

изучения. Дополнительно могут быть реализованы формы: проектная деятельность, WebQuest, тренинги;

- уровень самоорганизации и саморазвития межкультурных взаимодействий в контексте актуализации сущности обобщенного конструкта (появление побочных продуктов, преобразование форм и методов, варьирование параметров и условий диалога культур, появление устойчивого интереса и ценностного отношения к другим культурам, разработка интегративных курсов и программ с целями и результатами достижения синергетических эффектов.

Данная фаза адекватно реализуется в мероприятиях урочной или внеурочной деятельности.

Успешность прохождения цепочки блоков исследовательской деятельности (индивидуальная образовательная траектория) на основе реализации личностных предпочтений и достижений в насыщенной информационно-образовательной среде стимулирует проявление процессов самоорганизации личности и синергии математического образования в исследовании сложных знаний в контексте выявления сущности обобщенного конструкта современных научных достижений.

Результаты

Представлены примеры фундирующих цепочек содержания исследовательской деятельности школьников и многоэтапные математико-информационные задания. Целевым ориентиром и актуализацией сущности обобщенного конструкта сложного знания является одна из проблем современного научного знания.

Пример. *Описание обобщенного конструкта «Фрактальная геометрия множеств Мандельброта и Жюлиа в контексте математического и компьютерного моделирования».*

Вариации обобщенного конструкта в форме цепочки задач научно-исследовательского характера [9]:

- историогенез и вариативность итерационной динамики развития представлений о множествах Мандельброта и Жюлиа;
- итерационные процессы и компьютерный дизайн заполняющих множеств Жюлиа;
- итерационные процессы и компьютерный дизайн множеств Мандельброта;
- топологические и фрактальные размерности множеств Жюлиа и Мандельброта;
- гладкие множества Жюлиа для многочленов Чебышева: математическое и компьютерное моделирование;
- методика визуализации множеств Жюлиа и Мандельброта в информационных средах;
- вычисление константы Фейгенбаума для множества Мандельброта;
- компьютерный дизайн и построение канторовских и связных множеств Жюлиа.

Успешность прохождения и исследования обучающимся цепочки блоков исследовательской деятельности (индивидуальная образовательная траектория) на основе реализации личностных предпочтений и достижений в насыщенной информационно-образовательной среде стимулирует проявление процессов самоорганизации личности. Информационная поддержка процессов выбора и становления исследовательской деятельности средствами гибридной интеллектуальной системы актуализирует процессы индивидуализации обучения математике. Насыщенность информационно-образовательной среды создает основу для проявления синергии математического образования в исследовании сложных знаний в контексте выявления сущности обобщенного конструкта современных научных достижений.

Заключение

Выявление и исследование современных достижений в науке в обучении математике на основе интеллектуального управления позволяет осваивать обобщенные конструкты сложных знаний посредством интеграции различных областей наук. При этом создание условий

открытости образовательной среды, актуализация сложных математических конструкций, множественность целеполагания и возможность получения побочных продуктов создают основу для самоорганизации личности и эффективного развития интеллектуальных операций, повышают учебную и профессиональную мотивацию, креативность и критичность мышления школьника в процессе обучения математике в школе.

Список литературы

1. Афанасьев В.В., Поваренков Ю.П., Смирнов Е.И., Шадриков В.Д. Подготовка учителя математики: инновационные подходы. М: Гардарики, 2002.
2. Богун В.В., Смирнов Е.И. Использование графического калькулятора в обучении математике. Материалы III Международных Колмогоровских чтений. Ярославль, 2005. С. 238-239.
3. Богун В.В., Смирнов Е.И. Использование графического калькулятора в обучении математике. Учебное пособие. Ярославль, 2008.
4. Богун В.В., Смирнов Е.И. Организация учебной деятельности студентов по математике с использованием малых средств информатизации // Ярославский педагогический вестник. 2009. № 4 (61). С. 82-87.
5. Брунер Дж. Процесс обучения. М.: Изд-во Академии педагогических наук, 1962.
6. Бордовский Г.А., Нестеров А.А., Трапицын С.Ю. Управление качеством образовательного процесса. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2001.
7. Веккер Л.М. Психика и реальность: единая теория психических процессов. М.: Смысл, 1998.
8. Морен Э. Метод. Природа Природы. М., 2003.
9. Смирнов Е.И. Технология наглядно-модельного обучения математике: монография. Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К. Д. Ушинского, 1997.
10. Смирнов Е.И. Фундирование в профессиональной подготовке и инновационной деятельности педагога. Ярославль: Канцлер, 2012.
11. Смирнов Е.И., Уваров А.Д., Смирнов Н.Е. Компьютерный дизайн нелинейного роста «площадей» нерегулярного цилиндра Шварца // Евразийское научное обозрение, 2017. Т.8. Вып.30. С.35-55.
12. Смирнов Е.И., Богун В.В., Уваров А.Д. Синергия математического образования: введение в анализ. Ярославль: Канцлер, 2016.
13. Смирнов Е.И. Наглядное моделирование нелинейной динамики проявления сущности математических понятий и процедур // Материалы XIV Международных Колмогоровских чтений, посвященных 100-летию профессора З.А. Скопеца. Коряжма, 2017. С.16-30.
14. Черниговская Т.В. Регистрация движений глаз в психолингвистических исследованиях. СПб: СПбГУ, 2019.
15. Dvoryatkina S.N., Melnikov R.A., Smirnov E.I. Technology of synergy manifestation in the research of solution's stability of differential equations system // European Journal of Contemporary Education. 2017. № 6(4). 684-699.
16. Dvoryatkina S., Smirnov E., Lopukhin A. New opportunities of computer assessment of knowledge based on fractal modeling // Proceedings of the 3rd international conference on higher education advances, HEAd'17. Valensia, Universitat Politecnica de Valencia, 2017. 854-864.
17. Kytmanov A.A., Tikhomirov A.S., Tikhomirov S.A. Series of rational moduli components of stable rank two vector bundles on P^3 // Selecta Mathematica. New Series. 2019. № 25(29).

**INTELLECTUAL MANAGEMENT IN MATHEMATICAL MODELING
OF STUDENTS' RESEARCH ACTIVITIES**

E.I. Smirnov
Dr. Sci. (Pedagogy), professor
smiei@mail.ru

Yaroslavl State Pedagogical University named
after K.D. Ushinsky

Yaroslavl

S.N. Dvoryatkina
Dr. Sci. (Pedagogy), professor
sobdvor@yelets.lipetsk.ru

Bunin Yelets State University

Yelets

S.V. Shcherbatykh
Dr. Sci. (Pedagogy), professor
shcherserg@mail.ru

Yelets

Abstract. This article examines the problems of organizing research activities of students in the process of adapting modern achievements in science to school mathematics by means of computer and mathematical modeling through intellectual management. The research concerns the use of neural networks for solving problems of modeling generalized constructions of complex knowledge in order to master the modern section of mathematics by schoolchildren. The technology of organizing research activities based on the use of hybrid intelligent systems in the course of adapting modern scientific achievements based on mathematical modeling and computer design with the manifestation of the effects of self-organization of the individual. In the course of mastering a complex concept through historiogenesis and the range of its applications, technological constructs of clusters of funding components of the generalized structure were built in the direction of building individual educational trajectories of schoolchildren using hybrid neural networks. The content and stages of development of generalized constructs of modern scientific knowledge by students in accordance with their personal preferences are revealed. Multiple goal-setting and technology of processes of mastering generalized constructs of complex mathematical knowledge are implemented, communication tools are developed based on the integration of mathematical, informational, natural science, and humanitarian knowledge and procedures.

Keywords: teaching mathematics at school, research activities, mathematical activities, intelligent management.

References

1. Afanasyev, V.V., Povarenkov, Yu.P., Smirnov E.I., Shadrikov, V.D. (2002). Mathematics teacher training: innovative approaches [*Podgotovka uchitelya matematiki: innovacionnye podhody*]. Moscow.
2. Bogun, V.V., Smirnov, E.I. (2005). Using a graphing calculator in teaching mathematics [*Ispol'zovanie graficheskogo kal'kulyatora v obuchenii matematike*]. In: Proceedings of III International Kolmogorov Readings. Yaroslavl, 238-239
3. Bogun, V.V., Smirnov, E.I. (2008). Using a graphing calculator in teaching mathematics. Tutorial [*Ispol'zovanie graficheskogo kal'kulyatora v obuchenii matematike*]. Yaroslavl.

4. Bogun, V.V., Smirnov, E.I. (2009). Organization of students' educational activities in mathematics using small means of informatization [*Organizaciya uchebnoj deyatel'nosti studentov po matematike s ispol'zovaniem malyh sredstv informatizacii*]. Yaroslavl Pedagogical Bulletin, 4 (61), 82-87.
5. Bruner, J. (1962). The learning process [*Process obucheniya*]. Moscow.
6. Bordovskiy, G.A., Nesterov, A.A., Trapitsyn, S.Yu. (2001). Quality management of the educational process [*Upravlenie kachestvom obrazovatel'nogo processa*]. St. Petersburg.
7. Chernigovskaya, T.V. (2019). Registration of eye movements in psycholinguistic research [*Registraciya dvizhenij glaz v psiholingvisticheskikh issledovaniyah*]. St. Petersburg.
8. Dvoryatkina, S.N., Melnikov, R.A., Smirnov, E.I. (2017). Technology of synergy manifestation in the research of solution's stability of differential equations system. European Journal of Contemporary Education, 6(4), 684-699.
9. Dvoryatkina, S., Smirnov, E., Lopukhin, A. (2017). New opportunities of computer assessment of knowledge based on fractal modeling. In: Proceedings of the 3rd international conference on higher education advances, HEAd'17. Valencia, Universitat Politecnica de Valencia, 854-864.
10. Kytmanov, A.A., Tikhomirov, A.S., Tikhomirov, S.A. (2019). Series of rational moduli components of stable rank two vector bundles on P3. *Selecta Mathematica*. New Series, 25(29).
11. Morin, E. (2003). Method. Nature of Nature [*Metod. Priroda Prirody*]. Moscow.
12. Smirnov, E.I. (1997). The technology of visual-model teaching of mathematics [*Tekhnologiya naglyadno-model'nogo obucheniya matematike*]. Yaroslavl.
13. Smirnov, E.I. (2012). Funding in professional training and innovative activities of a teacher [*Fundirovanie v professional'noj podgotovke i innovacionnoj deyatel'nosti pedagoga*]. Yaroslavl.
14. Smirnov, E.I., Uvarov, A.D., Smirnov, N.E. (2017). Computer design of nonlinear growth of "areas" of an irregular Schwartz cylinder. Eurasian Scientific Review, 30(8), 35-55.
15. Smirnov, E.I., Bogun, V.V., Uvarov, A.D. (2016). Synergy of Mathematical Education: An Introduction to Analysis. Yaroslavl.
16. Smirnov, E.I. (2017). Visual modeling of nonlinear dynamics of the manifestation of the essence of mathematical concepts and procedures [*Naglyadnoe modelirovanie nelinejnoj dinamiki proyavleniya sushchnosti matematicheskikh ponyatij i procedur*]. In: Proceedings of the XIV International Kolmogorov readings dedicated to the 100th anniversary of Professor Z.A. Skopets. Koryazhma, 16-30.
17. Vekker, L.M. (1998). Psyche and reality: a unified theory of mental processes [*Psihika i real'nost': edinaya teoriya psihicheskikh processov*]. Moscow.

DOI: 10.24888/2500-1957-2020-3-61-74

УДК
37.014.3**ТРИ СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ЕГО
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ****Александр Юрьевич Уваров**
д.п.н., профессор
alexander.yu.uvarov@gmail.com
г. МоскваИнститут кибернетики и образовательной
информатики им. А.И. Берга Федерального
исследовательского центра «Информатика
и управление» Российской академии наук**Аннотация.** Формирующееся сегодня представление о цифровой трансформации общего образования (ЦТО) обсуждаются как естественная составная процессов развития системы общего образования. Это развитие