С. Н. ДВОРЯТКИНА, С. В. ЩЕРБАТЫХ

Концептуальные положения фрактального развития вероятностного стиля мышления в обучении математике и инструменты их реализации

Введение. В условиях динамичного развития науки, цифровой экономики и технологизации производства актуализируются вопросы подготовки специалистов, проявляющих самостоятельность в решении профессиональных задач в ситуациях выбора и неопределенности, умение преодоления многопараметрических проблем социального взаимодействия, ускоренное принятие верных решений в динамично изменяющейся информационной среде. Данные компетенции являются показателем сформированности вероятностного стиля мышления (ВСМ). Особую роль в его формировании отводится математическому образованию, постулирующему к новым концептам неопределенности, к идеям нелинейности и случайности. Формулировка и обоснование Концепции фрактального формирования и развития ВСМ на примере обучения математике в школе и вузе, разработка методического инструментария для практической ее реализации представляет научный интерес и определяет цель работы.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе школ Липецкой и Тульской областей, а также в Елецком государственном университете им. И.А. Бунина. В нем приняли участие 180 респондентов, среди которых обучающиеся (возраст 15 ± 2 года), студенты (возраст $20 \pm 2,5$ лет) и слушатели курсов повышения квалификации (возраст $34,5 \pm 10,5$ лет). Диагностика развития ВСМ осуществлялась посредством теста структуры интеллекта Р. Амтхауэра, опросника интуитивного стиля С. Эпштейна, методики Л.А. Редуша «Способность к прогнозированию», тестов креативности П. Торренса, теста критического мышления Л. Старки. Были применены методы математико-статистического анализа: описательной статистики и дисперсионного анализа.

Результаты исследования. Ведущая идея представленной концепции состоит в том, что эффективной стратегией формирования и развития ВСМ является фрактальный подход. Он является наиболее близким по своей организации процессам и структуре мышления. Посредством фрактального подхода создаются условия и активируются механизмы для развития обучающегося в направлении глубокого и полифункционального освоения цифрового информационного и образовательного контента. Обнаружено статистически достоверное влияние комплекса мероприятий по реализации концепции на изменение средних показателей развития ВСМ: $F_{\text{эмп}} = 13,58 > F_{\text{кр}} = 7,71$ для школьников, $F_{\text{эмп}} = 9,17 > F_{\text{кр}} = 7,71$ для студентов и $F_{\text{эмп}} = 20,17 > F_{\text{кр}} = 7,71$ для слушателей.

Обсуждение результатов. Положительная динамика показателей развития ВСМ в условиях внедрения мероприятий реализации Концепции обусловлена их эффективностью и коррелируемостью с основными положениями. В перспективе возможно расширение системы мероприятий для естественнонаучного и гуманитарного образования.

Ключевые слова: вероятностный стиль мышления, фрактальный подход, концепция, реализация, процесс обучения математике

Ссылка для цитирования:

Дворяткина С. Н., Щербатых С. В. Концептуальные положения фрактального развития вероятностного стиля мышления в обучении математике и инструменты их реализации // Перспективы науки и образования. 2020. № 2 (44). С. 195-209. doi: 10.32744/pse.2020.2.16

S. N. DVORYATKINA, S. V. SHCHERBATYKH

Conceptual provisions of fractal development of probabilistic thinking study in teaching mathematics and instruments for their implementation

Introduction. In the conditions of the dynamic development of science, digital economy and the industrialization of production, the issues of training specialists independent in solving professional problems in situations of choice and uncertainty, the ability to overcome multi-parameter problems of social interaction, and the accelerated adoption of correct decisions in a dynamically changing information environment are becoming relevant. These competencies are an indicator of the formation of a probabilistic style of thinking. A special role in its formation is given to mathematical education, which postulates to new concepts of non-determinism, to the ideas of non-linearity and randomness. The formulation and justification of the Concept of fractal formation and development of a probabilistic style of thinking on the example of teaching mathematics at school and university, the presentation of methodological tools for its practical implementation is of scientific interest determines the purpose of the work.

Materials and methods. The study was conducted on the basis of schools in Lipetsk and Tula regions, as well as in the Bunin Yelets State University. 180 respondents took part in it, including students aged 15 ± 2 years, students – 20 ± 2.5 years and students of continuing education courses at the age of 34.5 ± 10.5 years old. Diagnostics of the development of a probabilistic style of thinking was carried out through the test of the structure of intelligence of R. Amthauer, the questionnaire of the intuitive style of S. Epstein, the methodology of L.A. Regush "Forecasting ability", tests of creativity of P. Torrens, test of critical thinking L. Starkey. The methods of mathematical-statistical analysis were used: descriptive statistics and analysis of variance.

The results of the study. The leading idea of the presented concept is that the fractal approach is an effective strategy for the formation and development of a probabilistic style of thinking. It is the closest in its organization to the processes and structure of thinking. Through the fractal approach, conditions are created and mechanisms are activated for the development of the student in the direction of deep and multifunctional development of digital information and educational content. A statistically significant effect of a set of measures for implementing the concept on a change in the average indicators of the development of a probabilistic style of thinking was found: $F_{emp} = 13,58 > F_{cr} = 7,71$ for pupils, $F_{emp} = 9,17 > F_{cr} = 7,71$ for students, $F_{emp} = 20,17 > F_{cr} = 7,71$ for participants.

The discussion of the results. The positive dynamics of the development indicators of the probabilistic style of thinking in the context of the implementation of measures for the implementation of the Concept is due to their effectiveness and correlation with the main provisions. In the future, it is possible to expand the system of measures for science and humanities education.

Key words: probabilistic style of thinking, fractal approach, concept, implementation, process of teaching mathematics

For Reference:

Dvoryatkina, S. N., & Shcherbatykh, S. V. (2020). Conceptual provisions of fractal development of probabilistic thinking study in teaching mathematics and instruments for their implementation. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*, 44 (2), 195-209. doi: 10.32744/pse.2020.2.16

Введение

Проблема развития личности обучаемого средствами математики остается актуальной на протяжении вот уже нескольких десятилетий. Анализ диссертационных исследований на соискание ученой степени по специальности 13.00.02 (математика), являющихся индикатором постановки и решения значимых научных проблем, поиска новых направлений, в период с 60-х годов XX века по настоящее время показал, что ключевой доминантой исследований выступают вопросы общего (интеллектуального, нравственного, эстетического, социального) и математического развития учащихся, формирования их познавательной и мотивационной сфер, математических способностей, креативности, совершенствования концепций культуры мышления средствами математики и др. Данный аспект не утратил своего эвристического потенциала как с позиций классических мировоззренческих взглядов и методологических подходов, например, диалектической логики, так и вписывается в общий контекст современных знаний и новой методологии (фракталы, кибернетика, теория хаоса, синергетика и др.).

Данная проблема еще более актуализируется в современных условиях. По утверждению Д.И. Фельдштейна, «современный период глобальных преобразований и кризисов, бифуркационных взрывов, значимо изменил основания организации и функционирования общества, разрушив многие конструкты его построения, предопределяет и качественные изменения человека, обладающего новым типом мышления» [12]. В настоящее время ВСМ становился предметом многочисленных исследований в области философии, психологии, математики. В частности, в области философии исследуются проблемы причинности и случайности, дается описание идей и вероятностных концепций мышления о мире, различных моделей вероятности, связанных с логическим, пропенситивным, симметричным, частотным, субъективным подходами [19, р. 7-119]. Психологами определяется ВСМ как мышление, основанное на индуктивных и дедуктивных методах и дающее в результате вероятностные выводы [22], устанавливается ключевая роль вероятностных способов рассуждений в структуре научного мышления [25; 19, р. 121-340], выделяются такие эвристические черты ВСМ, как доступность, репрезентативность, закрепление и корректировка [24] и др. Математиками исследование неклассического типа мышления необходимо для вероятностного описания внешнего мира, для установления роли вероятностных методов с целью выбора в ситуации неопределенности и реализации потенциальных возможностей [19, р. 341-489]. Однако особую роль в формировании нового нелинейного типа мышления отводится математическому образованию как наиболее эффективному инструменту личностного развития, способному качественно изменить мыслительную сферу личности в результате формирования у обучаемых математических представлений и понятий [20; 23; 26]. Поэтому необходимо изменить базовое содержание обучения математике в направлении поиска бифуркационных переходов в математической деятельности и дидактических механизмов их осуществления.

Математическое образование как наиболее сензитивное к развитию личностных изменений ориентировано на овладение обучаемым системой предметных и надпредметных компетенций, основой которых является мыслительная деятельность по применению полученных знаний в сложных ситуациях выбора, принятия неодно-

значного решения в условиях неопределенности, неустойчивости, хаотичности дальнейшего развития, т. е. на развитие ВСМ, адаптированного к вероятностной природе протекающих в мире процессов и выступающего ключевым структурным компонентом математической культуры. ВСМ рассматриваем как «индивидуальную систему интеллектуальных стратегий, способов, приёмов, принципов, форм, идей вероятностно-статистического описания и познания закономерностей окружающего мира, обеспечивающую сочетание модальностей восприятия и первичного усвоения учебного материала; взаимодействие логического и интуитивного типов мышления; интеграцию логических и вероятностных форм мышления; качественное обогащение мыслительных операций через формирование системных знаний» [4, с. 4].

Выше изложенное позволило сформулировать цель исследования — формулировка и обоснование Концепции фрактального формирования и развития ВСМ на примере обучения математике в школе и вузе в условиях глобальной информатизации образования, а также представление методического и технологического инструментария для практической ее реализации.

Материалы и методы

При построении Концепции фрактального развития ВСМ были использованы идеи и принципы компетентностного, фрактального, синергетического, системно-деятельностного и информационно-технологического подходов. Подобная методологическая интеграция обеспечило необходимую глубину проработки основных аспектов проблемы и поставленных задач.

Важная роль в исследовании была отведена практическим методам — экспериментальным и статистическим методам обработки данных. Апробация и реализация основных положений Концепции было осуществлено в школах Липецкой и Тульской областей, а также в Елецком государственном университете им. И.А. Бунина. Экспериментальную выборку ($n=180$) составили обучающиеся в возрасте от 13 до 17 лет ($n_1=51$), студенты в возрасте от 16,5 до 22,5 лет ($n_2=66$) и слушатели курсов повышения квалификации и переподготовки в возрасте от 24 до 45 лет ($n_3=63$).

В психологической науке фундаментальной диагностикой ВСМ у обучаемых выступают учебные материалы по теории вероятностей, которые включают оперирование следующими дидактическими учебными элементами (знания, умения, навыки, математические методы, алгоритмы): пространство элементарных исходов; вероятность события; условная вероятность; независимость событий, испытаний, величин [21]. Однако авторы полагают, что данный диагностический метод не является полным. Показатели сформированности ВСМ выступают ориентирами, по которым можно отслеживать успешность реализации задач Концепции. В ходе теоретических и экспериментальных исследований были выделены компоненты ВСМ (логический, интуитивный, прогностический, аргументированно-эвристический, критический, комбинаторный), а также предложены критерии и психодиагностические инструменты диагностики ВСМ.

Логический компонент ВСМ измерялся способностями к анализу и синтезу, способностью проникновения в сущность изучаемых явлений, вычленением существенных свойств явлений из несущественных, общих из частных, способность к установлению причинно-следственных связей, дивергентность и ассоциативность мышления,

гибкость и беглость мыслительных операций и диагностировался с помощью Теста структуры интеллекта Р. Амтхауэра [8].

Интуитивный компонент ВСМ устанавливал степень ориентации на интуитивный способ выбора для принятия решений и действий и измерялся по шкалам «интуитивной способности» и «использование интуиции» согласно методике С. Эпстайна в апробации для русскоязычных выборок [3].

Прогностический компонент ВСМ выявлял способность к прогнозированию и риску при помощи методики Л.А. Регуша «Способность к прогнозированию» [3].

Аргументированно-эвристический компонент ВСМ оценивался по показателям беглости, гибкости, оригинальности, разработанности и диагностировался при помощи тестов креативности П. Торренса [9].

Критический компонент ВСМ диагностировался при помощи теста критического мышления Л. Старки [11]. Диагностируемыми показателями являлись: готовность к планированию; способность к критическому анализу; способность объективно осуществлять вероятностную оценку результатов мыслительной деятельности и обосновывать истинность выдвигаемых положений с использованием дедуктивных и индуктивных аргументов при решении проблемы.

Комбинаторный компонент ВСМ измерялся по методике диагностики развития комбинаторного мышления [2]. Критериями выступили следующие характеристики: способность к поиску и преобразованию элементов; способность к созданию и оперированию в воображаемом пространстве несколькими ориентирами и многократное выполнение с опорой на эти ориентиры следующих действий; способность к комбинирующим мыслительным действиям и операциям с образом и логическими конструкциями.

Динамика изменения процесса развития ВСМ до и после внедряемых мероприятий по реализации Концепции определялась методом однофакторного дисперсионного анализа, при этом был активизирован режим «Однофакторный дисперсионный анализ» надстройки «Пакет анализа» MS Excel. Проверка значимости проводилась по предложенному Фишером F-критерия: если рассчитанное по экспериментальным данным значение F-статистики оказывается больше критического, то существуют значимые различия между эффектами отдельных уровней (группы обучаемых до и после) изучаемого фактора – внедряемых мероприятий по реализации концепции.

Результаты исследования

Обеспечение личностного развития в целом и ВСМ в частности в условиях современных «вызовов» и объективных обстоятельств динамичного развития науки, цифровой экономики и технологизации производства, отражающих нелинейность и стохастичность современного мира, необходимо строить на следующих концептуальных положениях:

Первое положение — ВСМ как результат сформированности профессиональной компетентности современного специалиста по всем направлениям подготовки

Ведущая идея: самостоятельность и компетентность в решении профессиональных задач в условиях выбора и неопределенности, умение преодоления многопараметрических проблем социального взаимодействия, ускоренное принятие верных решений и адаптационное поведение в сложных проблемных ситуациях является показателем сформированности и уровня развития ВСМ обучаемых в школе и вузе.

Компетентность в любой области профессиональной деятельности — это способность успешно и своевременно решать любую из типичных проблем, возникающие в этой области. В свою очередь компетентность характеризуется синергией формирующих ее компетенций. Новые требования, предъявляемые к современным специалистам по математическим, естественнонаучным, техническим и гуманитарным направлениям подготовки в структуре разного рода компетенций, составляют содержание ВСМ. Например, суть универсальной компетенции «Системное и критическое мышление» состоит в том, что будущий специалист «способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач», и характеризуется иерархической структурой отдельных компонент (логический — способность к анализу и синтезу, способность к установлению причинно-следственных связей; критический — способность к критическому анализу и возможности объективно осуществлять вероятностную оценку результатов мыслительной деятельности; комбинаторный — способность к поиску и преобразованию элементов в новые множественные комбинации с учетом эффективности протекания деятельности и др.). Данные компоненты, включенные в состав рассматриваемой универсальной компетенции, являются составляющими ВСМ.

Второе положение — Фрактальность структуры мышления

Ведущая идея: использование фрактальных методов в моделировании и анализе сложных, нелинейных процессов мышления обеспечит решение проблемы эффективности регулирования информационных потоков, фильтрации информации и минимизацию относительной задержки при управляемом формировании интегративных связей.

Известно, что фракталы выступают как частично обособленные саморазвивающиеся системы, получающие свой рост фактически в бесконечность. Одновременно с этим, принадлежность структуре фрактала более высокого уровня — закономерное и нормальное явление. Структуру мышления представляем как «гиперкомплексный объект нецелочисленной размерности с локализацией самоподобных элементов в общей иерархической итеративной структуре» [4, с. 79]. В этом понимании тогда процесс построения фрактала следует представить «простейшей рекурсивной процедурой, генератором является структура первичного взаимопроникновения и корреляции интуиции и логики. Дальнейшее взаимопроникновение данных компонент активизирует процесс фрактального развития ВСМ посредством формирования и совершенствования остальных типов — комбинаторного, критического, прогностического, аргументированно-эвристического. Понимание фрактальности структуры мышления позволяет определить резонансные отклики активизации мыслительной деятельности, что обеспечит эффективную организацию и управление процессом обучения» [4, с. 79-80.].

Третье положение — Цикличность и системность развития ВСМ

Ведущая идея: системность и цикличность становления ВСМ реализуется посредством обязательной и последовательной смены двух фаз (накопительной и бифуркационной): накапливается определенный потенциал, происходит бифуркация и процесс переходит на новый уровень развития фрактала.

Ранее нами было установлено и доказано, что «развитие ВСМ осуществляется в результате постоянного взаимодействия логических и вероятностных форм мышления, логического и интуитивного типов, качественного обогащения мыслительных операций (анализ, синтез, конкретизация, абстрагирование, обобщение, аналогия

и др.) с последующим переходом на более высокий уровень» [4]. Поэтому на основании данного положения можно выстроить фрактальную модель развития ВСМ: сначала формируются фракталы текущего уровня, накапливается потенциал, происходит бифуркация, формируется новый уровень фрактальной организации и задается новое направление роста. При этом фрактал продолжает свое развитие подобно растущему дереву (дерево Пифагора). Фракталы, у которых бифуркации прекращаются, останавливают свое дальнейшее развитие (ветви дерева «отмирают»). В новую фрактальную структуру интегрируются старые базовые формы и операции, появляются новые междисциплинарные связи и отношения. При этом, бифуркации происходят как по вертикали, так и по горизонтали. Подобная модель легко алгоритмируется, позволяя понять и оценить динамику развития фрактала. В частности, наиболее корректным способом оценки и прогнозирования дальнейшего процесса развития являются инструменты мультифрактального анализа: фрактальная размерность, определяемая методом клеточного покрытия; показатель Херста, необходимый для определения направления тренда; показатель Гельдера — для определения критических состояний.

Четвертое положение — Теория фундирования как необходимый методологический конструкт развития ВСМ, личностных и профессиональных качеств будущего специалиста

Ведущая идея: управление фрактальным развитием ВСМ в процессе обучения математике осуществляется посредством согласования с фундирующими конструктами развития личности: от актуализации исходного состояния индивидуального опыта обучающегося, в частности, уровня вариативности и компилятивности при анализе испытываемых тестовых ситуаций, через теоретическое осмысление на основе логики и интуиции, до реализации решения частных прикладных задач посредством использования цифровых технологий в динамично изменяющейся информационном среде на каждом уровне развития спирали фундирования.

«Фундирующие конструкты модуса развития личности — это индивидуальные способы выраженности этапов становления сущности качественных изменений в результате взаимодействия среды управления и состояния личности» [1]. При этом процедуры перехода на следующий уровень фрактального развития будут более выраженными и направленными, если информационная основа учебной деятельности обучаемых фиксируется специально проектируемым содержанием обучения, наглядно моделируемым в форме спиралей фундирования базовых учебных элементов. Данный инструмент предполагает поэтапное углубление и расширение базовых математических знаний в направлении формирования целостной системы профессионального и междисциплинарного знания.

Пятое положение — Синергия математического образования как системообразующий фактор проектирования и организации учебного процесса в школе и вузе, ориентированный на развитие ВСМ

Ведущая идея: синергия математического образования в школе и вузе позволяет создать условия для эффективного развития ВСМ, обеспечения возможностей самообразования, самоактуализации и саморазвития, наиболее полного раскрытия коммуникативных возможностей и актуализации проявления творческой самостоятельности в образовательном процессе.

Синергия математического образования рассматривается как «симбиоз эффектов саморазвития личности в условиях флуктуации предметных результатов и стохастиче-

ских нелинейных процессов самоорганизации сложных открытых систем при воздействии внешних параметров посредством согласованных действий разных факторов и начал в трех контекстах (семиотическом, имитационном и социальном) применительно к состояниям системы, далеким от равновесия». Среди основных дидактических инструментов, генерирующих синергию математического образования, можно выделить следующие:

- средства адаптации современных достижений в науке к обучению математике в школе и вузе;
- технологии интеграции математических, гуманитарных и цифровых знаний в школе и вузе (иерархические и многоэтапные комплексы многоэтапных математико-информационных заданий, мотивационно-прикладных задач, профессионально-ориентированных комплексов, спирали и кластеры фундирования обобщенных конструктов знаний и процедур);
- блоки открытых, активных и сложных форм и средств обеспечения полифункциональной и междисциплинарной синергетической деятельности в контексте диалога культур (математической, гуманитарной, естественнонаучной, информационно-технологической) в обучении математике.

Шестое положение — Доминирующая роль современных вычислительных мощностей и программного обеспечения в управляемом развитии ВСМ

Ведущая идея: использование современных вычислительных мощностей и программного обеспечения для управляемого формирования ВСМ позволит производить оперативную диагностику, коррекцию и прогноз динамики данного процесса в направлении индивидуализации и персонализации образовательных маршрутов развития и саморазвития обучаемого.

Информатизация процесса образования позволяет создать инфраструктуру информационно-трансферных переходов междисциплинарного взаимодействия с сопряжением интенциональных информационных потоков, позволяет добиться усиления доминантной модальности восприятия и переработки информации, продиктованной стохастическим характером анализируемых процессов, а также оптимизации функционирования других модальностей (знаково-символической, вербальной, образно-геометрической и конкретно-деятельностной). Эффективность и включенность не только стационарных средств ИКТ (включая автоматизированные интеллектуальные обучающие системы), но и малых средств информатизации (ноутбуки, смартфоны, графические калькуляторы, сотовые телефоны и т.д.) со встроенными функциями и широкими дидактическими возможностями обеспечат формирования приемов логического и интуитивного мышления, формирования творческой активности и рефлексивной деятельности. Поэтому данный инструментарий предоставляет возможность полностью раскрыть потенциал использования цифровых технологий в информационно-образовательной среде (полифункциональная деятельность, синергия математических, информационных, гуманитарных и естественнонаучных знаний) в направлении персонализации и автоматизации обучения, управляемого развития ВСМ обучаемых.

Совокупность выделенных положений и основополагающих идей, определяющих подход к решению проблемы фрактального развития ВСМ на примере обучения математике в школе и вузе в условиях глобальной информатизации образования, составили настоящую Концепцию исследования.

Мероприятия по реализации Концепции

В рамках реализации Концепции фрактального формирования и развития ВСМ на примере обучения математике в школе и вузе в условиях глобальной информатизации образования была разработана система мероприятий, раскрывающая основные ее положения. В том числе были предложены сквозные мероприятия, расширяющие свое содержание на каждом уровне образования «школа – вуз – постдипломное образование».

1. Обновление содержания математического образования через адаптацию основных достижений современного математического знания к процессу обучения, обеспечение синергии математического образования, преемственность содержательных линий школьного и вузовского образования, целостность и логическую завершенность содержания учебного предмета [13; 15; 18];

2. Создание психологических, педагогических, организационно-методических, материально-технических условий для развития ВСМ:

- учет физиологических и психологических особенностей восприятия, усвоения, представления, применения, анализа и синтеза учебного материала объектом обучения;
- формирование и развитие интеллектуальных операций понимания, планирования, прогнозирования, принятия решения как ключевых механизмов развития ВСМ на основе разворачивания фундирующих процедур практико-ориентированного характера [4];
- увеличение объема практико-ориентированных математических знаний на основе активизации многоуровневых интеграционных связей в математике посредством использования цифровых технологий;
- обеспечение интеграции инновационных и традиционных технологий обучения с акцентом на базовые принципы модернизации информационно-образовательной среды;
- реализация внутродисциплинарных и междисциплинарных связей с целью максимизации единства естественнонаучной, гуманитарной и профессиональной подготовки, т. е. формирование индивидуального компетентностного мультиграфа [17];
- обучение компьютерному и математическому моделированию проблемных ситуаций будущей профессиональной деятельности [14];
- варьирование уровня и глубины междисциплинарных связей через реализацию оперативности контроля учебной деятельности обучаемых с анализом возрастания или убывания энтропии, и согласно полученным данным по установленной обратной связи, дозирование обращения к банкам учебной информации;
- организация учебных занятий с выполнением творческих задач и заданий повышенной сложности, мотивирующих обучаемых к свободному поиску информации;
- развитие умений самостоятельно адаптироваться и развиваться в цифровых коммуникациях при освоении систем компьютерной алгебры, динамической геометрии, малых средств информатизации, математико-статистических пакетов, программного обеспечения и Web-поддержки;

3. Создание и освоение новейших целевых методик, технологий и средств обучения, ориентированных на фрактальное развитие ВСМ в процессе обучения математике в школе и вузе:

- создание иерархических и многоэтапных банков практико-ориентированных, профессиональных и поисково-исследовательских задач с информационной насыщенностью содержания, методов и способов решения, актуализирующих различные механизмы мышления и модальности восприятия информации, мотивирующих роль математического моделирования и допускающих использование цифровых и сетевых технологий;
- составление и применение в процессе обучения типов задач и заданий, направленных на активизацию творческой мыслительной деятельности, интеллектуальной инициативы, способность самостоятельно добывать знания, используя потенциал математики: с неполным составом данных и избытком информации, трансформационных, допускающих несколько решений, эвристических, «реверсивных» [15];
- интеграция математической и игровой интеллектуальной деятельности (разработка и внедрение интегративной технологии обучения математике на основе решения задач на шахматной доске) [16];
- внедрение активных технологий в практику обучения (деловые игры, проектные методы, кейс-методы и т.д.) [5];

4. Создание креативной образовательной среды, стимулирующей развитие ВСМ [6]:

- усиление эвристического и прикладного компонентов содержания математического образования;
- установление многоаспектного характера вводимых понятий;
- развитие готовности к творческим дискуссиям и множественности решений проблемы;
- развитие ВСМ на фоне самостоятельности освоения интегративных конструктов, учета нестандартных обстоятельств, базовых и вариативных характеристик объекта проектирования;
- постановка проблемных задач, которые имеют решение за пределами изучаемого курса математики;
- обучение самоанализу и критическому отношению к полученным результатам;

5. Модернизация системы форм организации учебной и научно-исследовательской деятельности, способствующей развитию ВСМ:

- активизация работы в малых группах;
- разработка и внедрение циклов уроков по интеграции математических знаний и шахматных умений по отдельным темам (комбинаторика, теория вероятностей) [16];
- разработка и реализация программ интегративных элективных и факультативных курсов в системе основного и высшего образования, направленных на развитие ВСМ [17];
- разработка и реализация программ переподготовки, повышения квалификации преподавателей и учителей математики, ориентированных на формирование современного стиля мышления преподавателя [7; 18];
- организация работы с одаренными детьми по решению математических задач повышенной сложности (зимняя каникулярная школа ОНИКС, Всероссийский математический турнир);

- разработка и реализация междисциплинарных научно-исследовательских проектов, курсовых и дипломных работ.

Обсуждение результатов

По выбранным критериям осуществлялась диагностика сформированности (для школьников) и развития (для студентов и слушателей) ВСМ с применением элементов описательной статистики (выборочное среднее $\bar{x}$ и стандартное отклонение σ – сравнение показателей до и после экспериментального воздействия на одной выборке) и метода однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты статистической обработки эмпирических данных по всей выборке показали наличие значимых различий по выходному параметру «средний прирост ВСМ» (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Различия в выраженности статистических показателей сформированности ВСМ между представителями, находящимися на разных стадиях пред- и профессионального развития

Диагностируемые компоненты	Школьники ($n_1=51$)		Студенты ($n_2=66$)		Слушатели ($n_3=63$)	
	До ($\bar{x}$; σ)	После ($\bar{x}$; σ)	До ($\bar{x}$; σ)	После ($\bar{x}$; σ)	До ($\bar{x}$; σ)	После ($\bar{x}$; σ)
Логический	(73;12)	(85;10,5)	(87; 18)	(98; 12)	(89; 14)	(93; 11)
Интуитивный	(10;5,2)	(12; 4,7)	(23; 4,9)	(27; 3,5)	(32; 6,1)	(35; 5,4)
Прогностический	(5; 3,1)	(8; 2,7)	(11; 4,3)	(14; 1,8)	(13; 2,4)	(14; 1,8)
Аргументированно-эвристический	(51; 3,2)	(58;1,9)	(79; 4,2)	(85; 3,2)	(72; 3,8)	(75; 2,9)
Критический	(3,8; 2,4)	(5,4; 1,9)	(19; 3,2)	(23,8; 2,5)	(20; 3,6)	(25; 1,8)
Комбинаторный	(12; 5,8)	(17; 2,6)	(28; 8,5)	(43; 7,8)	(46; 8,2)	(52; 7,9)

Рисунок 1 Графическое представление различий в выраженности статистических показателей сформированности ВСМ

Важно отметить, что наблюдается незначительное положительное изменение средних показателей по всем исследуемым компонентам ВСМ. Ожидаемым является и тот результат, что интуитивное и комбинаторное распределения между представителями, находящимися на разных стадиях пред- и профессионального развития, линейно аппроксимируются с положительными коэффициентами, а логическое и аргументировано-эвристическое распределения — нормальной функцией подгонки к гистограмме. Авторы склонны интерпретировать полученные результаты как подтверждающие эффективность мероприятий по реализации концепции и интенсивность их количества среди школьников и студентов в сензитивный период развития ВСМ.

Из таблицы 2 дисперсионного анализа расчетное значение для группы школьников составляет $F_{\text{экс}} = 13,58$, а критическая область образуется правосторонним интервалом $(7,71; +\infty)$. Так как $F_{\text{экс}}$ попадает в критическую область, то нулевая гипотеза о равенстве групповых средних (до и после проведения мероприятий) отвергается. Следовательно, обнаружено статистически достоверное влияние проводимых мероприятий на положительное изменение средних показателей по всем исследуемым компонентам ВСМ. Подобные выводы можно сформулировать для групп студентов и слушателей.

Таблица 2

Влияние проводимых мероприятий по реализации Концепции на развитие ВСМ

F	G	H	I	J	K
Однофакторный дисперсионный анализ					
ИТОГИ					
группы	df	MS	F	P-Значение	F критическое
школьники	1	34,596	13,58837	0,021088129	7,708647421
студенты	1	107,584	9,16857	0,038858084	7,708647421
слушатели	1	48,4	20,16667	0,010899699	7,708647421

Положительная динамика изменения уровня развития ВСМ характеризует целостное развитие сознательной и интуитивной сфер — доминантных составляющих ВСМ с резонансными откликами при активизации мыслительной деятельности в виде аргументированно-эвристического, прогностического, критического и комбинаторного компонентов, которые интегрируют и расширяют интуитивные и абстрактно-логические способности. Наиболее интенсивно выражена динамика среди слушателей курсов повышения квалификации и переподготовки.

Заключение

Эффективное управление процессом обучения на всех уровнях непрерывного образования, удовлетворяющим стремительно меняющиеся образовательные запросы, формирующим принципиально новые навыки и компетенции успешной, эффективной и безопасной жизнедеятельности выпускников в сетевом обществе и цифровой экономике, определяется значимостью выделенных в исследовании структурообразующих факторов: авторской концепцией; доминантой математического знания в структуре профессиональной подготовки; практической и профессиональной направленностью учебного процесса. Поэтому успешное решение педагогических задач с

опорой на нововведения в проектировании учебной, научно-исследовательской и профессиональной деятельности, зафиксированные в ключевых положениях концепции (фрактальная парадигма современного образования, синергия математического знания, фундирование опыта личности, цифровизация содержания и процедур обучения), может привести к эффективному формированию ВСМ, саморазвитию личности, совершенствованию профессиональной подготовки современных специалистов и к повышению качества освоения математических знаний, методов и процедур. Современные математические знания тем важны для будущего профессионала, что, с одной стороны, выступают инструментом для эффективного развития современного стиля мышления, личностного интеллектуального развития и саморазвития, с другой стороны, для успешного овладения профессией.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-313-20002

ЛИТЕРАТУРА

1. Абатурова В.С., Смирнов Е.И. Развертывание фундирующих конструктов модуса развития личности в обучении математике // Ярославский педагогический вестник. 2015. № 6. С. 92-96.
2. Абдрашитов А.Ф. Развитие комбинаторного мышления у будущих учителей технологии в процессе графического образования: дисс. ... канд. пед. наук ; Башкир. гос. пед. ун-т. Уфа, 2010. 197 с.
3. Бехтер А.А. Прогнозирование в работе психолога: возможности диагностики и развития. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017.
4. Дворяткина С.Н. Развитие вероятностного стиля мышления в процессе обучения математике: теория и практика: Монография. М.: ИНФРА-М, 2013. 272 с.
5. Дворяткина С.Н. Активные методы обучения: положительные и отрицательные синергетические эффекты // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование». 2017. № 4. С. 46-55.
6. Дворяткина С.Н., Щербатых С.В. Креативность и вероятностный стиль мышления: эффективные механизмы развития на основе интеграции математической и шахматной игровой деятельности // Развитие креативности личности в мультикультурном пространстве. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Елец: ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 2019. С. 27-33.
7. Дворяткина С.Н., Щербатых С.В. Роль системы дополнительного профессионального образования в развитии нового стиля мышления современного специалиста (на примере переподготовки учителя математики) // Психология образования в поликультурном пространстве. 2019. № 3 (47). С. 76-88.
8. Елисеев О.П. Практикум по психологии личности: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2017.
9. Истратова О.Н., Т.В. Эксакусто Т.В. Психодиагностика. Коллекция лучших тестов. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 375 с.
10. Корнилова Т.В., Корнилов С.А. Интуиция, интеллект и личностные свойства (результаты апробации шкал опросника С. Эпстайна) // Психологические исследования. 2013. № 6(28). С. 5-8.
11. Луценко Е. Л. Адаптация теста критического мышления Л. Старки // Вісник Харк. нац. ун-ту імені В.Н. Каразіна. 2014. № 1110. С. 65-70.
12. Фельдштейн Д.И. Проблемы психолого-педагогических наук в пространственно-временной ситуации XXI века // Вестник спортивной науки. 2013. № 4. С. 3-11.
13. Щербатых С.В. Лыкова К.Г., Полякова А.Ю. Теоретико-методические основы реализации непрерывности и преемственности в развитии стохастической линии школьного курса математики в русле идей системно-деятельностного подхода. Монография. Елец, 2018. 173 с.
14. Dvoryatkina S., Smirnov E., Lopukhin A. Computer Modeling as a Synergy Manifestation in Mathematics Education of Law Students. Proceedings of the 5rd International Multidisciplinary Scientific Conference on SOCIAL Sciences & Arts (SGEM-18). 2018, no. 5, pp. 85-92.
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, no. 6(4), pp. 684-699.

16. Dvoryatkina S.N., Karapetyan V.S., Rozanova S.A. The Plurality of Goal-setting in Pedagogical Activity: Integration of mathematics on a chessboard . *Higter Education in Russia*. 2019, no. 1 (77), pp. 8-21.
17. Dvoryatkina S.N., Dobrin A.V., Dyakina A.A., Shcherbatykh S.V. The role of mathematical and computer simulation in probabilistic thinking style development. *Opcion*. 2019, no. 35 (21), pp. 18.
18. Dvoryatkina S., Shcherbatykh S., Shcherbatykh L. Synergy of Mathematics, Informatics and Innovative Didactics (on the Example of Retraining of Teachers of Mathematics). *Proceedings of the 12th International Conference of Education, Research and Innovation*, 12th-14th November, 2018 –Seville, Spain, pp. 2503-2509.
19. Chernoff E. J., Sriraman B. *Probabilistic Thinking*. Springer, 2014, 747 p.
20. Jones G. A., Langrall C. W., Mooney E. S. Research in probability: responding to classroom realities. *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan, 2007, pp. 909–955.
21. Jones G.A. Student's Probabilistic Thinking in Instruction. *Journal for Research in Mathematics Educational*, 1999, no. 30, pp. 487-519.
22. Johnson-Laird P. *Human and Machine Thinking*. New York: Psychology Press, 1993, 200 p.
23. Kapadia R., Borovcnik M. Looking forward. *Chance encounters: probability in education*. Dordrecht: Kluwer, 1991, pp. 255–256.
24. Kahneman D., Frederick S. A model of heuristic judgment. In K. J. Holyoak, R. G. Morrison (Eds.). *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*, New York: Cambridge University Press, 2005, pp. 267-293.
25. McGuire W. (1981) The probabilistic model of cognitive structure and attitude change. In R. E. Petty, T. M. Ostrom, T. C Brock (Eds.), *Cognitive responses in persuasion*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1981, pp. 291–308.
26. Shaughnessy J. M. Research in probability and statistics. *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan, 1992, pp. 465–494.

REFERENCES

1. Abaturova V. S., Smirnov E. I. Expansion of Funding Constructs of the Personality's Development Mode in Mathematics Training. *Yaroslavl pedagogical Bulletin*, 2015, no. 6, pp. 92-96. (in Russ.)
2. Abdrashitov A.F. The development of combinatorial thinking in future technology teachers in the process of graphic education: Diss. PhD Ped Sci, 2010. 197 p. (in Russ.)
3. Bechter A.A. Prediction in the work of a psychologist: the possibilities of diagnosis and development. Khabarovsk, 2017. (in Russ.)
4. Dvoryatkina S.N. The development of a probabilistic style of thinking in the process of teaching mathematics: theory and practice: Monograph. Moscow, INFRA-M Publ., 2013. 272 p. (in Russ.)
5. Dvoryatkina S.N. Active Methods of Training in Mathematics: Positive and Negative Synergetic Effects. *Continuum. Mathematics. Computer science. Education*, 2017, no. 4, pp.46-55. (in Russ.)
6. Dvoryatkina S.N., Shcherbatykh S.V. Creativity and Probability Thinking Style: Effective Mechanisms of Integration Based on Mathematical and Chess Game Performance. *The development of personality creativity in a multicultural space. Collection of materials of the International scientific-practical conference*. Yelets, 2019, pp. 27-33. (in Russ.)
7. Dvoryatkina S.N., Shcherbatykh S.V. Role of the System of Additional Vocational Education in the Development of a new Thinking Style of a Modern Specialist (on the example of training of a mathematic teacher). *Educational Psychology in Polycultural Space*, 2019, no. 3(47), pp. 76-88. (in Russ.)
8. Eliseev O.P. Workshop on personality psychology: textbook. allowance for undergraduate and graduate programs. Moscow, Yurayt Publ., 2017. (in Russ.)
9. Istratova O.N., Exacusto T.V. Psychodiagnostics. Collection of the best tests. Rostov-on-Don, Phoenix Publ., 2006. 375 p. (in Russ.)
10. Kornilova T.V., Kornilov S.A. Intuition, intelligence and personality traits (the results of testing the scales of the S. Epstein questionnaire). *Psychological research*, 2013, no. 6 (28), pp.5-8. (in Russ.)
11. Lutsenko E. L. Adaptation of the critical thinking test L. Starky. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University Series*, 2014, no. 1110, pp. 65-70. (in Russ.)
12. Feldstein D.I. Problems of psychological and pedagogical sciences in the spatio-temporal situation of the XXI century. *Bulletin of sports science*, 2013, no. 4, pp. 3-11. (in Russ.)
13. Shcherbatykh S.V. Lykova K.G., Polyakova A.Yu. Theoretical and methodological foundations for the implementation of continuity and continuity in the development of the stochastic line of the school course of mathematics in line with the ideas of the system-activity approach. Monograph. Yelets, 2018. 173 p. (in Russ.)
14. Dvoryatkina S., Smirnov E., Lopukhin A. Computer Modeling as a Synergy Manifestation in Mathematics Education of Law Students. *Proceedings of the 5rd International Multidisciplinary Scientific Conference on SOCIAL Sciences & Arts (SGEM-18)*. 2018, no. 5, pp. 85-92.
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, no. 6(4), pp. 684-699.

16. Dvoryatkina S.N., Karapetyan V.S., Rozanova S.A. The Plurality of Goal-setting in Pedagogical Activity: Integration of mathematics on a chessboard. *Higher Education in Russia*, 2019, no. 1(77), pp. 8-21.
17. Dvoryatkina S.N., Dobrin A.V., Dyakina A.A., Shcherbatykh S.V. The role of mathematical and computer simulation in probabilistic thinking style development. *Opcion*, 2019, no. 21 (35), pp. 18.
18. Dvoryatkina S., Shcherbatykh S., Shcherbatykh L. Synergy of Mathematics, Informatics and Innovative Didactics (on the Example of Retraining of Teachers of Mathematics). *Proceedings of the 12th International Conference of Education, Research and Innovation, 12th-14th November, 2018 –Seville, Spain*, pp. 2503-2509.
19. Chernoff E. J., Sriraman B. Probabilistic Thinking. Springer, 2014, 747 p.
20. Jones G. A., Langrall C. W., Mooney E. S. Research in probability: responding to classroom realities. Second handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan, 2007, pp. 909–955.
21. Jones G.A. Student's Probabilistic Thinking in Instruction. *Journal for Research in Mathematics Educational*, 1999, no. 30, pp. 487-519.
22. Johnson-Laird P. Human and Machine Thinking. New York: Psychology Press, 1993, 200 p.
23. Kapadia R., Borovcnik M. Looking forward. Chance encounters: probability in education. Dordrecht: Kluwer, 1991, pp. 255–256.
24. Kahneman D., Frederick S. A model of heuristic judgment. In K. J. Holyoak, R. G. Morrison (Eds.). The Cambridge handbook of thinking and reasoning, New York: Cambridge University Press, 2005, pp. 267-293.
25. McGuire W. (1981) The probabilistic model of cognitive structure and attitude change. In R. E. Petty, T. M. Ostrom, T. C Brock (Eds.), Cognitive responses in persuasion. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1981, pp. 291–308.
26. Shaughnessy J. M. Research in probability and statistics. Handbook of research on mathematics teaching and learning. New York: Macmillan, 1992, pp. 465–494.

Информация об авторах
Дворяткина Светлана Николаевна
 (Россия, Елец)

Доцент, доктор педагогических наук, заведующий
 кафедрой математики и методики ее преподавания
 Елецкий государственный университет им. И.А.
 Бунина
 E-mail: sobdvor@yelets.lipetsk.ru
 ORCID ID: 0000-0001-7823-7751
 Scopus ID: 57193775897

Щербатых Сергей Викторович
 (Россия, Елец)

Профессор, доктор педагогических наук, проректор
 по учебной работе, профессор кафедры математики и
 методики ее преподавания
 Елецкий государственный университет им. И.А.
 Бунина
 E-mail: shcherserg@mail.ru
 ORCID ID: 0000-0002-4870-8257
 Scopus ID: 57196473659

Information about the authors
Svetlana N. Dvoryatkina
 (Russia, Yelets)

Associate Professor, Doctor of Pedagogical Sciences,
 Head of the Department of Mathematics and Methods of
 its Teaching
 Yelets State University named after I. A. Bunin
 E-mail: sobdvor@yelets.lipetsk.ru
 ORCID ID: 0000-0001-7823-7751
 Scopus ID: 57193775897

Sergey V. Shcherbatykh
 (Russia, Yelets)

Professor, Doctor of Pedagogical Sciences,
 Vice-Rector for Academic Affairs,
 Professor of the Department of Mathematics and
 Methods of its Teaching
 Yelets State University named after I. A. Bunin
 E-mail: shcherserg@mail.ru
 ORCID ID: 0000-0002-4870-8257
 Scopus ID: 57196473659