

DOI: 10.24888/2500-1957-2026-2-92-104

УДК 378.147:372.851	КРЕАТИВНОСТЬ ЛИЧНОСТИ КАК МОДУС ВЫРАЖЕННОСТИ ЭПИСТЕМОЛОГИИ ФУНДИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ
------------------------	--

Смирнов Евгений Иванович
д.п.н., профессор,
ведущий научный сотрудник

Дворяткина Светлана Николаевна
д.п.н., доцент

Тихомиров Сергей Александрович
к.ф.-м.н., доцент

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского;
Южный математический институт – филиал
Владикавказского научного центра РАН

Елецкий государственный университет
им. И.А. Бунина

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского

Аннотация. В статье рассматривается проблема взаимосвязи креативности личности и процесса познания сложных систем в контексте современной сложностной парадигмы мышления. Авторы исходят из того, что традиционное отождествление креативности с высоким уровнем интеллекта является недостаточным. Проявление творческих способностей требует преодоления стереотипов, включения интуитивных и логических уровней мышления, а также особых личностных качеств. В качестве ключевого механизма, актуализирующего креативность, предлагается эпистемология фундирования фрактальной сложности — процесс поэтапного вскрытия сущности исследуемых объектов через фрактальные самоподобные структуры, бифуркационные переходы и синергетические эффекты. Теоретически обосновано, что фрактальная сложность создаёт преграды для понимания, повышает мотивацию и служит фактор-импульсом самоорганизации мышления. Эмпирическая часть статьи демонстрирует реализацию предложенного подхода на двух примерах: исследование цилиндра (сапога) Шварца, приводящее к построению фрактального «кубка Шварца», и кластерное фундирование понятия меры Хаусдорфа, объединяющее длину, площадь и объём. Показано, что решение многоэтапных математико-информационных заданий средствами компьютерного и математического моделирования не только раскрывает сущность базовых математических конструкторов, но и выступает модусом выраженности креативности, дивергентного мышления и инновационности обучающихся.

Ключевые слова: фрактальная сложность, математическое и компьютерное моделирование, фундирование, креативность личности

Для цитирования: Смирнов Е.И., Дворяткина С.Н., Тихомиров С.А. Креативность личности как модус выраженности эпистемологии фундирования фрактальной сложности // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2026. № 2 (42). С. 92–104. doi.org/10.24888/2500-1957-2026-2-92-104

Права: © Е.И. Смирнов, С.Н. Дворяткина, С.А. Тихомиров (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0

Введение

Последние десятилетия показали, что развитие мыслительных операций, когнитивных схем, абстрактного мышления, логических актов (интеллект) является важнейшей, но не ключевой характеристикой креативности личности. При этом в настоящее время интеллект рассматривается как общая умственная способность обобщения поведенческих характеристик, связанная с успешной адаптацией к новым жизненным условиям: подход, ведущий своё начало от Ж. Пиаже (Катков, 2020). Суть креативности личности по С. Меднику не в особенности операциональных действий, а в способности преодолевать стереотипы на конечном этапе мыслительного синтеза и в широте поля ассоциаций (Богоявленская, 1981). Можно сказать, что ряд учёных выявили положительную корреляцию между показателями креативности и интеллекта (Дж. Гилфорд, Е.П. Торренс и др.), а психологи Д. Векслер, Г. Айзенк, Л. Термен, Р. Стернберг рассматривали креативность и интеллект как единую человеческую способность к эффективной мыслительной деятельности. В.Н. Дружинин считал, что креативность личности есть производное интеллекта: высокий интеллект предполагает высокие творческие способности, а низкий — препятствует творчеству. Однако, теория порога (или «теория ветвления») предполагает, что для проявления креативности необходим определённый пороговый уровень развития интеллекта. До этого уровня креативность и интеллектуальность связаны, но выше определённого порога креативность становится независимой переменной. По разным данным, критический уровень интеллекта, после которого связь с креативностью ослабевает или исчезает, составляет от 115 до 120 баллов IQ (Shi, 2017). Психолог Я.А. Пономарев разводит понятия творчества и высокого уровня развития интеллекта. Он отождествлял творчество с выработкой побочных продуктов деятельности — новых нестандартных идей, возникающих в ходе творческого процесса (Селиванов, 2006). Именно, акт проявления креативности требует задействованности всего мышления, всех его уровней (от логического до интуитивного), включения в этот процесс многих сторон психологической организации субъекта. Ряд психологов (А. Маслоу, Д.Б. Богоявленская, А. Олох) считали, что проявление креативности личности больше определяется особыми чертами личности (любопытностью, рискованностью и т. п.), чем способностями (Иванова, 2021).

В то же время проявление креативности личности тесно связано со сложностью исследуемых объектов и процессов. Именно, в ходе реализации сложностной парадигмы мышления (Э. Морен, Ж. Делез, К. Майнцер, В.Г. Буданов, Т.В. Черниговская и др.) наблюдается переход от хаоса к порядку, проявление синергетических эффектов (точки бифуркации, аттракторы, флуктуации, бассейны притяжения), появление побочных продуктов исследования, выход обучающегося на эффекты понимания и вскрытия сущности исследуемого (Буданов, 2018). Одним из механизмов вскрытия эпистемологии существенных связей объекта или процесса исследования является фрактальная сложность как механизм вскрытия сущности (возможно, на основе постпозитивистских концепций науки и метода фальсификации К. Поппера, Т. Куна, И. Лакатоса, П. Фейерабенда) (Порус, 2010). Именно, на стыке логического и интуитивного в этапах фундирования фрактальной сложности в движении к сущности начинает эффективно проявляться креативность личности.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью преодоления недостаточности традиционных интеллектуальных моделей креативности и поиском механизмов, связывающих творческое мышление с процессами познания фрактально-сложных сред. Проблематика заключается в том, что до сих пор остаётся нераскрытым, каким образом эпистемология фундирования фрактальной сложности может выступать модусом выраженности креативности, дивергентного мышления и инновационности обучающихся. *Цель данной статьи* — теоретически обосновать и эмпирически верифицировать модель креативности личности как модуса выраженности эпистемологии фундирования фрактальной сложности, а также выявить когнитивные и дидактические условия, при которых поэтапное вскрытие сущности сложных

математических и информационных объектов (на примере цилиндра Шварца и меры Хаусдорфа) актуализирует творческое мышление, дивергентные способности и инновационность обучающихся.

Материалы и методы

Сложная фрактальная деятельность самоподобия, нахождение фрактального события («проблемной зоны») вдали от точки равновесия создают возможность для скачкообразных бифуркационных переходов. Это запускает фактор-импульсы самоорганизации мыслительной деятельности обучающегося. В данном процессе выделяются следующие базисные факторы влияния сложности фрактальных систем и знаний:

- *фактор рефлексии сущности*. Сложность фрактала заставляет задуматься о его природе, а не только о формальных операциях над объектом. Задача педагога — создавать условия и показать, как фрактальная сложность рождается из простоты (Э. Морен, К. Майнцер, Г. Хакен, Е.И. Смирнов, В.С. Секованов и др.);

- *фактор холизма и междисциплинарности*. Фрактальная сложность всегда коррелирует с целостностью (холизмом) объекта, что выводит на междисциплинарность, цифровизацию и актуальные научные достижения (В. Ганзен, А.Л. Семенов, С.Н. Дворяткина и др.);

- *фактор фундирования опыта личности*. Фрактальная сложность интегрирует знания из разных областей и позволяет выстраивать этапы движения к сущности через фундирование опыта личности (В.Д. Шадриков, Е.И. Смирнов, Р.М. Зайниев и др.);

- *фактор мотивации*. Фрактальная сложность создаёт когнитивные преграды, повышает мотивацию и формирует основу для самоорганизации и развития мышления (синергия и наглядное моделирование – А.Н. Леонтьев, В.А. Запорожец, А. Маслоу, Е.И. Смирнов и др.), выступая фактор-импульсом для развития креативности личности.

Как отмечали Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, В.А. Запорожец, сложная деятельность служит механизмом перехода от состояния неопределённости (дефицита, хаоса, проблемной ситуации) к новому уровню организации деятельности и структуры результата, выявления его сущности (Морен, 2019). При этом наблюдается аналогия с синергетикой: как в физических системах энергия извне запускает формирование структуры, так и в педагогике и образовании сложная деятельность (совместная, учебная, игровая) служит источником упорядочивания психических процессов, компенсации академических дефицитов. Эпистемология сложности достаточно разнообразна и изучается в различных науках (рис. 1), однако в настоящем исследовании будет сделан упор на фрактальной сложности.

Определим фрактальную сложность как феномен и механизм возникновения бифуркационных переходов в исследовании объектов или процессов вдали от равновесия и при наличии процессов самоорганизации и самоподобия. Она характеризует скачкообразные изменения вблизи точки бифуркации, а также возможность генерации предельного объекта с фрактальной размерностью.

Фракталы и фрактальная сложность естественно возникают при их генерации методом симбиоза математического и компьютерного моделирования (например, множества Мандельброта и Жюлиа, «салфетка» Серпинского и «снежинка» Коха, кривая Ван-дер-Вардена и цилиндр Шварца) (Секованов, 2016). При этом фрактальная сложность нередко связывается с фундированием сущности математических понятий или процессов — например, как проблема классов недифференцируемых ни в одной точке непрерывных функций, актуализирующаяся фрактальными контрпримерами Тагаки, Вейерштрасса, Ван-дер-Вардена и др., а также построением итерационных процессов, фундирующих сущность недифференцируемости (Сысуева, 2024).

Аналогично, «сапог» или цилиндр Шварца (Смирнов, 2024) — конструкции многогранных триангуляций боковой поверхности которого с проявлением точек бифуркации — позволили сформулировать научное определение понятия площади поверхности. При этом математический анализ продвижения к сущности на основе

компьютерного моделирования позволил выявить закономерности роста многогранных поверхностей, подобные сценарию Ферхюльста (Смирнов, 2016).



Рис.1. Феномен сложности в философских, математических, естественно-научных и социальных науках

Фрактальная сложность проявляется в поведении и развитии параметров динамической системы, где всегда есть доля неопределённости и непредсказуемости. Она требует множественности описаний и гибкости решений как в содержании этапов продвижения к сущности, так и в когнитивных процессах нестандартности мышления и получения побочных продуктов. Не менее эффективным инструментом является при этом построение эмпирических обобщений, исследование которых невозможно без использования компьютерного и математического моделирования (Fatahi, 2019). В то же время необходимы разнообразные поисковые пробы (экспериментальные срезы, сравнительный анализ конкретных проявлений, компьютерное моделирование, аналогии, анализ через синтез и т. п.).

Базовым понятием представленной эпистемологии фрактальной сложности является понятие фундирования знаниевых конструкторов. Сам философский феномен фундирования активно осмыслился великими философами XX века Э. Гуссерлем и М. Хайдеггером.

Э. Гуссерль определяет отношение фундирования следующим образом (Смирнов, 2012): *А фундировано посредством В, если для существования А сущностно необходимо В, только в единстве, с которым А может существовать*. Отношение фундирования может быть односторонним (*А* фундировано в *В*) или двухсторонним (*А* и *В* фундированы друг в друге). Согласно феноменологическому учению, все комплексные высокоуровневые акты и предметности фундированы в изначальных простых актах и предметах.

Фундирование в работах Э. Гуссерля и М. Хайдеггера связано с вопросами основания, структуры и взаимосвязи различных уровней реальности или познания. При этом они по-разному трактовали феномен фундирования в контексте своих философских концепций. У Э. Гуссерля фундирование — это логическая и трансцендентальная процедура. Сознание

через свои акты создаёт условия для данности объектов и наук, а механизмы связаны с интенциональностью и редукциями. У М. Хайдеггера фундирование — это онтологический процесс. Бытие *Dasein* задаёт горизонт, в котором вообще возможно какое-либо понимание и познание, а механизмы опираются на экзистенциалы и временность. Э. Гуссерль также различал уровни фундирования, где более общие сущности (например, категории или эйдетические единицы) фундируют более конкретные, а иерархия строится мереологически — через отношение «части» и «целого».

В педагогику впервые понятие фундирования было введено В.Д. Шадриковым и Е.И. Смирновым в 2002 году как процесс создания условий для поэтапного углубления и расширения школьных знаний в направлении освоения обобщённого конструкта сложного знания, а также как процесс личностного выбора, развития интеллекта и креативности личности.

В педагогической психологии выявлен целый ряд условий, которые способствуют развитию креативности личности в процессе инновационной деятельности (Смирнов, 2012):

- наличие творческой среды (стимулирование ситуации успеха; толерантность к неопределённости; готовность к дискуссиям и множественности решений проблемы; выявление и популяризация образцов творческого поведения и его результатов);

- низкая степень регламентации поведения и наличие предметно-информационной обогащённости;

- информационно-технологическая поддержка и компьютерный дизайн математической деятельности обучающихся на всех этапах проявления синергетических эффектов и сущности «проблемной зоны».

Далее будет показано, каким образом конкретизация эпистемологии фундирования фрактальной сложности как методический феномен не только приводит к развитию креативности личности, но и может определять постановку проблем математического и философского уровня. Это представляется естественным актом синергетических взаимодействий. Однако математическое знание является первичным по отношению к методике, и в то же время последняя может быть фактором влияния на предмет.

Результаты

Проявление эпистемологии фундирования фрактальной сложности будет в дальнейшем продемонстрировано на двух примерах:

- вскрытие *сущности понятия площади поверхности* посредством метода фальсификации К. Поппера, применённого к цилиндру Шварца; при этом находятся точки бифуркации и закономерности роста площадей многогранных поверхностей (в том числе, к бесконечности) триангуляций боковой поверхности цилиндра как появление фрактальной сложности и креативности обучающихся. При этом будет построен «кубок Шварца» как уникальный фрактальный конструкт (Смирнов, 2017);

- эпистемология фрактальной сложности *меры и размерности Хаусдорфа* (Иванов, 2018) как процесс построения кластера фундирования понятия меры, выраженной в обобщённом конструкте сущности процессов измерения длин, площадей и объёмов с одной стороны, и длин кривых и площадей поверхностей с другой. Представленные фундирующие конструкты интерпретации излагаются впервые.

1. Множественное целеполагание процессов определения «*площади*» боковой поверхности цилиндра или «*сапога*» Шварца как контрпримера некорректного подхода к понятию площади поверхности Ж. Серра (содержательный аспект): патологические свойства «площади» боковой поверхности цилиндра Шварца хорошо изучены в так называемом «регулярном» случае (см., например, (Фихтенгольц, 2001)). При этом высота H цилиндра разбивается на m равных частей (соответственно – слоёв цилиндра), а окружность сечения делится на n равных частей с последующим сдвигом φ на каждом слое на $\frac{\pi}{n}$. Тогда формула для вычисления многогранной поверхности аппроксимации «площади» боковой поверхности цилиндра при $m, n \rightarrow \infty$ имеет вид:

$$S = 2\pi R \sqrt{R^2 \frac{\pi^4}{4} q^2 + H^2}, \quad q = \lim_{m,n \rightarrow \infty} \frac{m}{n^2}. \quad (1)$$

При этом, когда $m, n \rightarrow \infty$ результат предельного процесса становится неоднозначным, а поиск закономерностей роста площадей становится подобным фрактальным структурам. Б. Мандельброт показал, что при $m = n^k$ площадь многогранной поверхности растёт как n^k ($k \neq 2$) (Мандельброт, 2002). Возникают иерархии многоэтапных математико-информационных заданий, связанных с исследованием многогранных поверхностей цилиндра Шварца и решаемых средствами компьютерного и математического моделирования. Однако рассматриваемая параметризация вычислительных процессов может приводить к парадоксальным результатам.

Пусть в окружность с центром в точке A и радиусом 1 вписан правильный n -угольник и проведён радиус AT так, что AT пересекает сторону n -угольника в точке U . Тогда нетрудно определить функцию $f_n(\alpha)$ от центрального угла α , определяемого положением точки T . Действительно, обозначим через $\varphi = \frac{360^\circ}{n}$ центральный угол вписанного n -угольника, тогда $f_n(\alpha)$ примет вид:

$$f_n(\alpha) = 1 - \frac{\sin(90^\circ - \frac{\varphi}{2})}{\sin(90^\circ + \frac{\varphi}{2} - (\alpha - [\frac{\alpha}{\varphi}] \cdot \varphi))}. \quad (2)$$

Определим теперь функцию $g(\alpha)$ как сходящийся функциональный ряд:

$$g(\alpha) = \sum_{n=1}^{\infty} f_{k \cdot n}(\alpha), \quad (3)$$

где функции $f_{k \cdot n}(\alpha)$ определяются формулой (2) при $k = 3$. Легко видеть, что график функции $g(\alpha)$ имеет фрактальную структуру, наподобие графика функции Ван-дер-Вардена (Smirnov, 2025). Теперь рассмотрим слой цилиндра Шварца, пересечённый плоскостью ортогональной его оси. Возникает естественная задача: если провести сечение перпендикулярное оси цилиндра через произвольную точку x на ней при n стремящемся к бесконечности, а m фиксировано, то какой вид будет иметь функция $g(\alpha)$, а также соответствующая фрактальная поверхность, определённая в формуле (3)?

На ряд, определяемый формулой (3), можно смотреть как на функцию двух переменных $s(\alpha, x)$, если предположить, что переменные α и x независимы. Графиком этой функции будет поверхность (очевидно, фрактальная; кстати, неизвестна ни её площадь в рамках одного слоя, ни фрактальные размерности поверхности и кривых в сечении). На следующем рисунке изображена часть поверхности $z = s(\alpha, x)$, при этом $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ и $0 < x < 1/m$. Полагаем, что высота одного слоя цилиндра Шварца равна $1/m$ (для наглядности поверхность изображена в цилиндрической системе координат). На следующем рис. 2 линии уровня, изображённые жёлтым цветом, соответствуют графикам функции $g(\alpha)$ в полярной системе координат при $x = 0$, $x = 1/3m$, $x = 2/3m$, $x = 1/m$ и представляют собой фрактальные кривые, размерность которых, равно как и площадь внутри кривой, пока не исследованы.

Но если теперь и m устремить к бесконечности, то фрактальная боковая поверхность выравнивается, с образующей параллельной оси цилиндра, и полученный рисунок «кубка Шварца» внутри цилиндра уже не зависит ни от m , ни от n , а только от радиуса и высоты цилиндра. Опять же неизвестен ни объём «кубка Шварца», ни площадь его боковой поверхности (рис. 3).

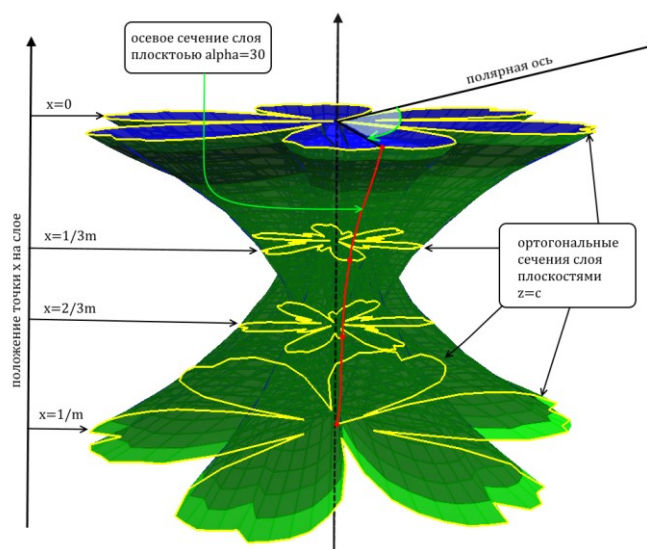


Рис. 2. «Кубок Шварца» как побочный продукт исследования цилиндра Шварца

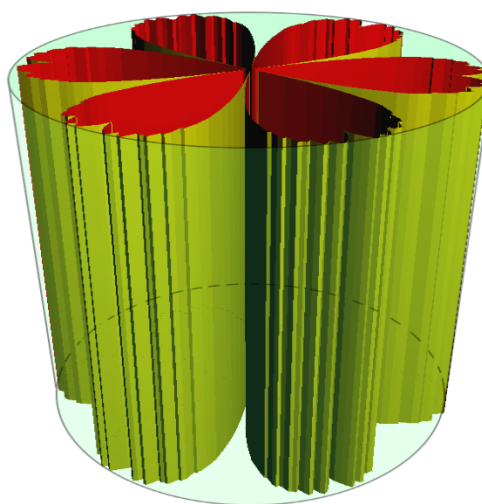


Рис. 3. «Кубок Шварца» с параметрами только радиуса и высоты

Таким образом, получается, что креативности личности способствует освоение сложных систем и знаний – оно даёт явный мотивационно окрашенный синергетический эффект, способно удовлетворить интересы и личностные предпочтения каждого обучающегося, при этом высока вероятность появления побочного продукта исследования. Данный процесс тестирует гибкость мышления, нестандартность подхода и инновационность результатов с естественной вариативностью не только в области фрактальной геометрии, но и в методико-философской трактовке феномена.

2. Классическое определение площади поверхности (А. Лебег, Г. Минковский, начало XX века) основано на параметризации точек поверхности Γ координатами (u, v) так, что: $x = \phi(u, v)$, $y = \psi(u, v)$, $z = \chi(u, v)$, $(u, v) \in V \subset \mathbb{R}^2$, где функции $\phi(u, v)$, $\psi(u, v)$, $\chi(u, v)$ непрерывны и имеют непрерывные частные производные в области V , а также имеет место формула

$$\mathbf{r}(u, v) = \phi(u, v) \mathbf{i} + \psi(u, v) \mathbf{j} + \chi(u, v) \mathbf{k}, \quad (u, v) \in V \subset \mathbb{R}^2.$$

Пусть гладкая поверхность Γ разбивается кусочно-гладкими кривыми на конечное число частей Γ_i , $d_i := \text{diam } \Gamma_i$. Выберем на каждой части Γ_i точку M_i и построим в каждой такой точке касательную плоскость α_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Ясно, что каждая α_i натянута на векторы $\mathbf{r}_u$ и $\mathbf{r}_v$. Спроектируем каждую область Γ_i на соответствующую ей касательную плоскость α_i . Пусть S_i – площади этих плоских областей. Обозначим за $\mathcal{B}(\delta)$ направленное и частично упорядоченное множество разбиений $\delta = (M_1, M_2, \dots, M_n)$ и назовём площадью поверхности Γ предел интегральных сумм $S_\delta = \sum S_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) по фильтру $\mathcal{B}(\delta)$:

$$S = \lim_{\mathcal{B}(\delta)} S_\delta.$$

При вычислении предела интегральных сумм получаем $S = \iint_V |[\mathbf{r}_u, \mathbf{r}_v]| du dv$, где по формуле Лагранжа: $[\mathbf{r}_u, \mathbf{r}_v] = r_u^2 r_v^2 - (\mathbf{r}_u, \mathbf{r}_v)$.

Интересно отметить, что длина, площадь и объём укладываются в схему меры Лебега как обобщённой неотрицательной счётно аддитивной функции множества, поскольку мера Лебега обобщает понятия длины отрезка, площади фигуры и объёма тела на произвольное n -мерное евклидово пространство. Однако длина кривой и площадь поверхности имеют некоторые особенности, которые отличают их от классической меры Лебега, хотя они также обладают свойствами аддитивности и неотрицательности (в то же время длина кривой может рассматриваться как функционал на топологическом пространстве функций, не являющийся, вообще говоря, непрерывным). Эти величины связаны с геометрическими объектами и их параметризацией, а не с мерой множеств в пространстве.

Для учителя математики в его фундаментальной профессиональной подготовке совершенно необходимо доводить частные случаи проявления базового школьного феномена (в нашем случае, площадь поверхности) до его сущности. Но таковой не было в рассмотренном выше аспекте, пока в 1918 году немецким математиком Феликсом Хаусдорфом не была введена мера Хаусдорфа. Для s -мерной поверхности в метрическом пространстве s -мерная мера Хаусдорфа H^s обобщает понятия длины, площади и объёма. Например, в случае гладкой поверхности в $\mathbb{R}^3$ её 2-мерная мера Хаусдорфа H^2 совпадает с классической площадью. Таким образом, H^1 совпадает с длиной кривой, H^2 совпадает с площадью поверхности, а H^n совпадает с мерой Лебега в $\mathbb{R}^n$. Пусть s – неотрицательное число. Для любого $\delta > 0$ определим величину

$$H_\delta^s(F) = \inf_{j=1}^\infty \left\{ \sum ||U_j||^s : \{U_j\} - \delta - \text{покрытие } F \right\}.$$

Если теперь обозначить через $H_s(F) = \lim_{\delta \rightarrow 0} H_\delta^s(F)$, то такой предел существует для любого подмножества $F \subset \mathbb{R}^n$. Величина $H_s(F)$ называется s -мерной хаусдорфовой мерой $\mathcal{F}$ (Иванов, 2018).

Таким образом, возможно построить кластер фундирования понятия «площадь поверхности», представляющий модель обобщённой сущности школьного феномена.

Ближайшая задача – выстроить онтологический дизайн поэтапного продвижения к сущности понятия меры множества как обобщённого конструкта мер длины, площади, объёма, длин дуг и площадей поверхностей в $\mathbb{R}^3$, что и осуществлено на рис. 4.

Однако для того, чтобы сформировать у обучающегося научное содержание и сущность понятия меры (в нашем случае площади поверхности) требуется определённая математико-цифровая подготовка и эффективные практики исследования и вычисления площадей поверхностей. При этом используется педагогический опыт развития креативности личности (М. Клякля, В.С. Секованов, Е.И. Смирнов, С.Н. Дворяткина (Dvoryatkina, 2017) и др.) в ходе исследования и решения многоэтапных математико-информационных заданий в контексте исследуемой проблемы. Более реальной практикой следует считать эмпирический путь исследования «проблемной зоны» современных достижений в науке (фрактальная геометрия, теория кодирования и шифрования

ТЕОРИИ, МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

информации, нечёткие множества и fuzzy logic, клеточные автоматы и др.), особенно для школьников, и то в рамках поисковой и исследовательской деятельности. При этом креативность личности, развитое дивергентное мышление являются необходимым механизмом вскрытия сущности средствами фундирующих конструктов когнитивной деятельности.

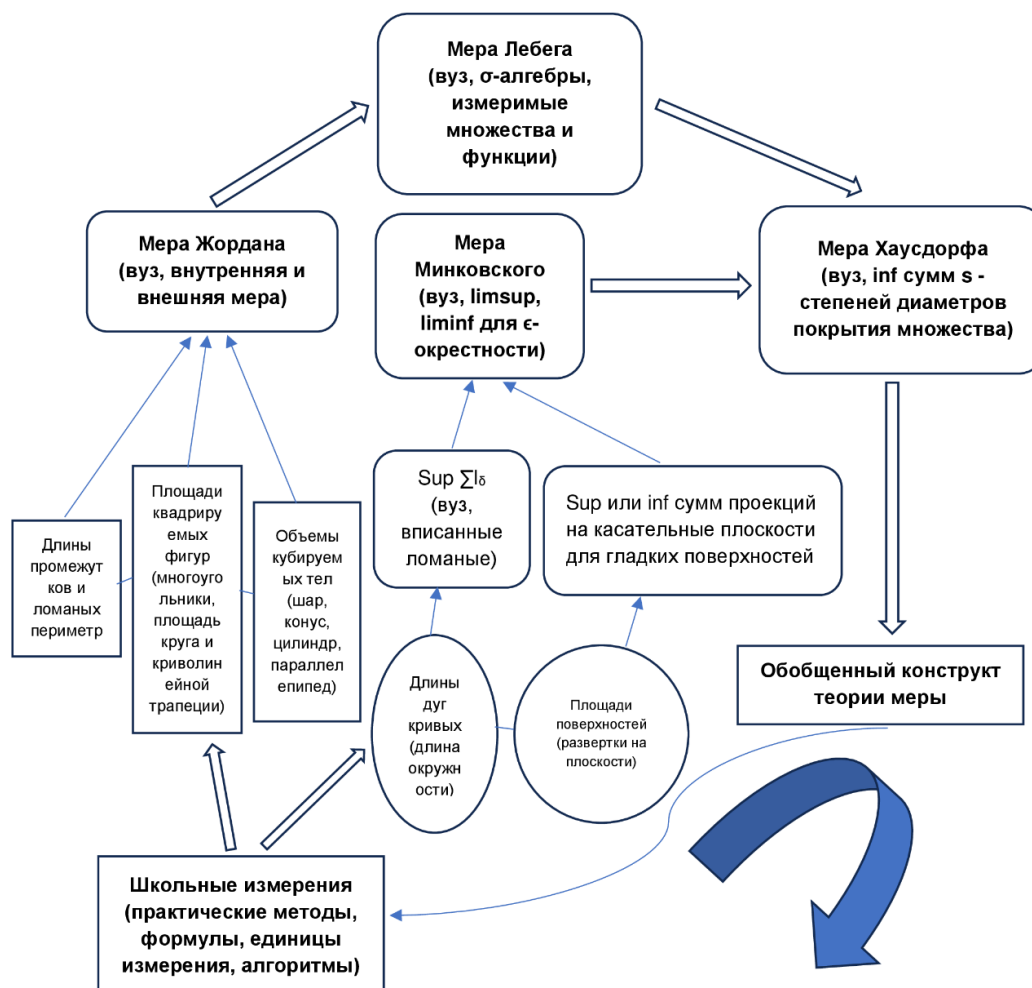


Рис. 4. Онтологический дизайн кластера фундирования понятия меры

Заключение

В основе развития креативности личности лежит освоение сложных систем и знаний, которое, как правило, актуализируется при стремлении вскрыть существенные связи исследуемого объекта. Глубокие и разносторонние знания в различных областях, объединённые единой проблемной зоной и целеполаганием, создают основу для становления креативного мышления обучающегося.

Чем большим объёмом информации и опыта исследовательской деятельности располагает личность, чем сильнее выраженность личностных качеств, тем больше возможностей для комбинирования, трансформации и создания новых идей в выбранном направлении. Освоение сложных систем и знаний позволяет видеть больше связей, вариантов и возможностей для решения проблем, что является ключевым для развития дивергентного мышления или по Дж. Гилфорду – развитию креативности мышления.

Опыт освоения сложных систем и знаний развивает умение действовать в неопределённых ситуациях, требует умения анализировать, планировать, рефлексировать и контролировать процесс обучения, что является важными характеристиками креативности личности. Самое существенное заключается в том, что развитие креативности личности при

освоении сложных систем и знаний необходимо коррелирует с эффектом преодоления трудностей, что, в свою очередь, способствует формированию интеллектуальных операций мыслительной деятельности.

Список литературы

- Богоявленская Д.Б. Пути к творчеству. М.: Знание, 1981.
- Буданов В.Г., Аршинов В.И., Лепский В.Е., Свирский Я.И. Сложность и проблема единства знания. Вып. 1: К стратегии познания сложности. М.: ИФ РАН, 2018.
- Иванов А.О., Тужилин А.А. Геометрическая теория меры. Часть 1. Учебное пособие. М.: Изд-во Попечительского совета механико-математического факультета МГУ. 2018.
- Иванова В.А. Исследование творческого мышления в отечественной психологии // Молодой учёный. 2021. №4 (346). С. 129–132.
- Катков А.Л. Эпистемологический смысл психологического кризиса // Профессиональная психотерапевтическая газета. 2020. № 11. С. 12–25.
- Мандельброт Б.Б. Фрактальная геометрия природы. Пер. с англ. М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002.
- Морен Э. О сложности. М.: Институт общегуманитарных исследований, 2019.
- Порус В.Н. Постпозитивизм. Новая философская энциклопедия в 4 т. Пред. науч.-ред. совета В.С. Стёпин. 2-е изд., испр. и доп. М.: Мысль, 2010.
- Секованов В.С. Элементы теории дискретных динамических систем. Санкт-Петербург: Лань, 2016.
- Селиванов В.В. Взаимосвязь мышления и творчества в теории Я.А. Пономарева. Психология творчества: школа Я.А. Пономарева. М.: ИПРАН, 2006. С. 428–438.
- Смирнов Е.И. Фундирование опыта в профессиональной подготовке и инновационной деятельности педагога. Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012.
- Смирнов Е.И., Богун В.В., Уваров А.Д. Синергия математического образования: Введение в анализ. Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2016.
- Смирнов Е.И., Уваров А.Д., Смирнов Н.Е. Компьютерный дизайн нелинейного роста «площадей» нерегулярного цилиндра Шварца // Евразийское научное обозрение. 2017. Т. 30. № 8. С. 35–55.
- Смирнов Е.И., Уваров А.Д., Тихомиров С.А. Синергия площадей двумерных многообразий на основе симбиоза математического и компьютерного моделирования // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2024. №3 (35). С. 69–79. DOI: 10.24888/2500-1957-2024-3-69-79
- Сысueva Д.А., Поздеева Е.А. Проблема дифференцируемости нестандартных «монстров». Эвристика и дидактика математики. Материалы XIII Международной научно-методической дистанционной конференции – конкурса молодых учёных, аспирантов и студентов. Донецк: Изд-во ДонНУ, 2024. С. 37–40.
- Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: учебник для вузов Т.1. М.: Физматлит, 2001.
- Dvoryatkina S.N., Melnikov R.V., Smirnov E.I. Technology of synergy manifestation in the research of solution's stability of differential equations system. European Journal of Contemporary Education. vol. 6, no. 4, 2017. pp. 684-699. DOI: 10.13187/ejced.2017.4.684.
- Fatahi S. An experimental study of an adaptive e-learning environment based on the personality and emotions of the student. Education and Information Technology, 2019. Vol. 24. No. 4. P. 2225-2241.
- Shi B., Wang L., Yang J., Zhang M. and Xu L. Relationship between Divergent Thinking and Intelligence: An Empirical Study of the Threshold Hypothesis with Chinese Children. Frontiers in Psychology, 2017. 8. 254. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00254

Smirnov E.I. Complex Multi-Stage Tasks for Testing Schoolchildren in the Mathematics Course. Semenov A.L. et al. (eds.), Chapter 2. Structural and Technological Transformation of Education in the Post-Pandemic Period. Problems and Prospects. Monograph. Springer: «Lecture Notes in Networks and Systems», 2025. P. 103-113.

Информация об авторах

Смирнов Евгений Иванович; доктор педагогических наук; профессор; зав. кафедрой математического анализа, теории и методики обучения математике; ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского» (Российская Федерация, 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1); ведущий научный сотрудник отдела функционального анализа (по совместительству); Южный математический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН» (Российская Федерация, 362025, г. Владикавказ, ул. Ватутина, д. 53); E-mail: smiei@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2925-4360; Scopus ID: 55734369900;

Дворяткина Светлана Николаевна; доктор педагогических наук; доцент; проректор по научной и инновационной деятельности; профессор кафедры математики, информатики, физики и методики обучения (по совместительству); ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» (Российская Федерация, 399770, г. Елец, Липецкая область, ул. Коммунаров, д. 28); E-mail: prorektornr@elsu.ru; ORCID: 0000-0001-7823-7751; Scopus ID: 57193775897;

Тихомиров Сергей Александрович; кандидат физико-математических наук; доцент; доцент кафедры геометрии и алгебры; ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского» (Российская Федерация, 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1); E-mail: satikhomirov@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7409-8464; Scopus ID: 9133507700.

PERSONAL CREATIVITY AS A MODE OF EXPRESSION OF THE EPISTEMOLOGY OF THE FOUNDATION OF FRACTAL COMPLEXITY

Smirnov E. I. Dr. Sci. (Pedagogy), Professor	Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky; Southern Mathematical Institute (branch) Vladikavkaz Scientific Centre of the RAS
Dvoryatkina S. N. Dr. Sci. (Pedagogy), Associate Professor	Bunin Yelets State University
Tikhomirov S. A. Ph. D. (Mathematics), Associate Professor	Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky

Abstract. This article examines the relationship between an individual creativity and the process of complex systems understanding in the thinking context of modern complexity paradigm. The authors argue that the traditional identification of creativity with a high level of intelligence is insufficient. The manifestation of creative abilities requires overcoming stereotypes, engaging intuitive and logical levels of thinking, and possessing unique of personal qualities. The epistemology of fractal complexity founding is a gradually revealing process of objects essence under the study through fractal self-similar structures, bifurcation transitions, and synergistic effects is

proposed as a key mechanism for actualizing creativity. It is theoretically substantiated that fractal complexity creates barriers to understanding, enhances motivation, and serves as a driver for thought self-organization. The empirical section of paper demonstrates the implementation of proposed approach using two examples: a study of Schwartz cylinder (boot), leading to the construction of "Schwartz cup" fractal and a cluster-based founding for the concept of Hausdorff measure, which combines length, area, and volume. It is shown that solving multi-stage mathematical and information problems using computer and mathematical modeling not only reveals the essence of basic mathematical constructs but also serves as a modality for expressing students' creativity, divergent thinking, and innovation.

Keywords: fractal complexity, mathematical and computer modeling, founding, personality creativity

For citation: Smirnov E. I., Dvoryatkina S. N., Tikhomirov S. A. (2026). Personal Creativity as a Mode of Expression of the Epistemology of the Foundation of Fractal Complexity. *Continuum. Maths. Computer Science. Education*, 2 (42), 92–104. doi.org/10.24888/2500-1957-2026-2-92-104

Copyright: © E. I. Smirnov, S. N. Dvoryatkina, S. A. Tikhomirov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under the Creative Commons Attribution 4.0 License

References

- Bogoyavlenskaya, D. B. (1981). *Puti k tvorchestvu*. Moscow: Znanie. (In Russ.)
- Budanov, V. G., Arshinov, V. I., Lepskij, V. E., Svirskij, Ya. I. (2018). *Slozhnostnost' i problema edinstva znaniya*. Vyp. 1: *K strategii poznaniya slozhnosti*. Moscow: IF RAN. (In Russ.)
- Dvoryatkina S. N., Melnikov R. V., 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. DOI: 10.13187/ejced.2017.4.684.
- Fatahi S. (2019). An experimental study of an adaptive e-learning environment based on the personality and emotions of the student. *Education and Information Technology*, 24 (4), 2225-2241.
- Ivanov, A. O., Tuzhilin, A. A. (2018). *Geometricheskaya teoriya mery*. Chast' 1. Uchebnoe posobie. Moscow: Izd-vo Popechitel'skogo soveta mekhaniko-matematicheskogo fakul'teta MGU. (In Russ.)
- Ivanova, V. A. (2021). Issledovanie tvorcheskogo myshleniya v otechestvennoj psihologii. *Molodoj uchenyj*, 4 (346), 129-132. (In Russ.)
- Katkov, A. L. (2020). Epistemologicheskij smysl psihologicheskogo krizisa. *Professional'naya psihoterapevticheskaya gazeta*, 11, 12-25. (In Russ.)
- Mandel'brot, B. B. (2002). *Fraktal'naya geometriya prirody*. Per. s angl. Moscow: In-t komp'yuternyh issledovanij. (In Russ.)
- Moren, E. (2019). *O slozhnostnosti*. Moscow: Institut obshchegumanitarnyh issledovanij. (In Russ.)
- Porus, V. N. (2010). *Postpozitivizm. Novaya filosofskaya enciklopediya v 4 t.* Pred. nauch.-red. soveta V.S. Styopin. 2-e izd., ispr. i dop. Moscow: Mysl'. (In Russ.)
- Sekovanov, V. S. (2016). *Elementy teorii diskretnyh dinamicheskikh sistem*. Sankt-Peterburg: Lan'. (In Russ.)
- Selivanov, V. V. (2006). *Vzaimosvyaz' myshleniya i tvorchestva v teorii Ya.A. Ponomareva. Psihologiya tvorchestva: shkola Ya.A. Ponomareva*. Moscow: IPRAN, 428-438. (In Russ.)
- Shi B., Wang L., Yang J., Zhang M. and Xu L. (2017). Relationship between Divergent Thinking and Intelligence: An Empirical Study of the Threshold Hypothesis with Chinese Children.

- Frontiers in Psychology*, 8, 254. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00254. Smirnov, E. I. (2012). *Fundirovanie opyta v professional'noj podgotovke i innovacionnoj deyatel'nosti pedagoga*. Yaroslavl': Izd-vo «Kancler». (In Russ.)
- Smirnov, E. I. (2012). *Fundirovanie opyta v professional'noj podgotovke i innovacionnoj deyatel'nosti pedagoga*. Yaroslavl': Izd-vo «Kancler». (In Russ.)
- Smirnov, E. I., Bogun, V. V., Uvarov, A. D. (2016). *Sinerhiya matematicheskogo obrazovaniya: Vvedenie v analiz*. Yaroslavl': Izd-vo «Kancler». (In Russ.)
- Smirnov, E. I., Uvarov, A. D., Smirnov, N. E. (2017). Komp'yuternyj dizajn nelinejnogo rosta «ploshchadej» neregulyarnogo cilindra Shvarca. *Evrazijskoe nauchnoe obozrenie*, 30(8), 35-55. (In Russ.)
- Smirnov, E. I., Uvarov, A. D., Tihomirov, S. A. (2024). Synergy of Areas of Two-Dimensional Manifolds Based on the Symbiosis of Mathematical and Computer Modeling. *Continuum. Maths. Computer Science. Education*, 3 (35), 69-79. DOI: 10.24888/2500-1957-2024-3-69-79 (In Russ., abstract in Eng.)
- Smirnov E. I. (2025). Complex Multi-Stage Tasks for Testing Schoolchildren in the Mathematics Course. Semenov A.L. et al. (eds.), Chapter 2. Structural and Technological Transformation of Education in the Post-Pandemic Period. Problems and Prospects. Monograph. Springer: «Lecture Notes in Networks and Systems». 103-113.
- Sysueva, D. A., Pozdeeva, E. A. (2024). Problema differenciruемости nestandartnyh «monstrov». [The Problem of Differentiability of Non-standard "Monsters"]. *Evrastika i didaktika matematiki. Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy distancionnoj konferencii – konkursa molodyh uchenyh, aspirantov i studentov* (pp. 37-40). Doneck: Izd-vo DonNU. (In Russ.)
- Fihtengol's, G. M. (2001). *Kurs differencial'nogo i integral'nogo ischisleniya: uchebnik dlya vuzov*. T.1. Moscow: Fizmatlit. (In Russ.)

Information about the authors

Eugeny I. Smirnov; Doctor of Pedagogical Sciences; Professor; Head of the Department of Mathematical Analysis, Theory and Methods of Teaching Mathematics; Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (Respublikanskaya Street, 108/1, Yaroslavl, 150000, Russian Federation); Leading Scientific Researcher; Department of Functional Analysis; Southern Mathematical Institute – the branch of the Vladikavkaz Scientific Centre of the RAS (Vatutina Street, 53, Vladikavkaz, 362025, Russian Federation); E-mail: smiei@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2925-4360; Scopus ID: 55734369900;

Svetlana N. Dvoryatkina; Doctor of Pedagogical Sciences; Associate Professor; ViceRector for Research and Innovation Activities; Professor of the Department of Mathematics, Computer Science, Physics, and Teaching Methods (part-time); Bunin Yelets State University (Kommunarov St., 28, Yelets, Lipetsk Region, 399770, Russian Federation); E-mail: prorektornr@elsu.ru; ORCID ID: 0000-0001-7823-7751; Scopus ID: 57193775897;

Sergey A. Tikhomirov; Candidate of Physico-Mathematical Sciences; Associate Professor; Associate Professor of the Department of Geometry and Algebra; Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (Respublikanskaya Street, 108/1, Yaroslavl, 150000, Russian Federation); E-mail: satikhomirov@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7409-8464; Scopus ID: 9133507700.

Статья поступила в редакцию	23.04.2026
Принята к публикации	15.05.2026
Статья опубликована	19.06.2026