

Пьянкова С.Д. Субъективные оценки визуальной сложности и эстетической привлекательности фрактальных изображений: индивидуальные различия и генетические влияния



ПЬЯНКОВА С.Д. СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ ВИЗУАЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ И ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ФРАКТАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ: ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЛИЯНИЯ

English version: [Pyankova S.D. Subjective estimates of visual complexity and aesthetical appeal of fractal images: individual differences and genetic influences](#)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

[Сведения об авторе](#)

[Литература](#)

[Ссылка для цитирования](#)

Фрактальная размерность, как показано в ряде исследований, тесно связана с параметрами восприятия самоподобных объектов. Изучались особенности восприятия фрактальных изображений. Проверялись предположения об устойчивости индивидуальных различий в субъективных оценках визуальной сложности, о влиянии генетических факторов на эстетические предпочтения при восприятии визуальных самоподобных стимулов.

Использовался авторский метод (2013) исследования: испытуемые ранжировали 20 плоских изображений разной фрактальной размерности (от 1,086 до 1,751). Анализировались связи между объективными (фрактальная размерность) и субъективными оценками визуальной сложности и привлекательности стимулов. Испытуемые ($N = 299$) ранжировали стимулы: группа 1 – по критерию субъективной сложности, 175 человек, средний возраст $21,9 \pm 3,29$, повторно обследованы 55 человек; группа 2 – по критерию субъективной привлекательности, 124 человека, средний возраст $19 \pm 1,45$. В группе 2 определялись носители аллелей генов *MAOA* и *DRD2*. Результаты подтверждают гипотезы исследования: субъективные оценки визуальной сложности коррелируют с фрактальной размерностью и воспроизводятся при повторном тестировании; обнаружено (впервые) влияние полиморфизмов генов *MAOA* и *DRD2* на эстетические предпочтения при восприятии визуальных фрактальных стимулов.

Представляется обоснованным введение психологического конструкта «чувствительность к фрактальной размерности» при изучении вариативности восприятия визуальных фрактальных объектов.

Ключевые слова: фрактальная размерность, визуальная сложность, эстетические предпочтения, визуальное восприятие, индивидуальные различия, ген *MAOA*, ген *DRD2*

Представления о фракталах, основным свойством которых является самоподобие, разработаны Бенуа Мандельбротом, который искал новые способы описания сложности мира [Mandelbrot, 1982]. Выяснилось, что множество естественных и искусственных объектов обладают фрактальными свойствами. Объективной характеристикой самоподобных объектов является фрактальная

размерность, которая отлична от топологической и может быть дробной. Использование методов измерения фрактальной размерности открыло новые возможности изучения визуального восприятия. Систематическое изучение реакции людей на восприятие фрактальных объектов началось с работ Дж.Спротта [Sprott, 1993] и свидетельствует о влиянии фрактальной размерности, то есть объективной характеристики стимулов, на субъективную оценку их свойств. Можно считать надежно установленным фактом, что фрактальная размерность является основным источником вариативности субъективных оценок визуальной сложности и привлекательности объектов с фрактальными свойствами.

Дж.Спротт в своем классическом эксперименте обнаружил достоверные связи (1) между фрактальной размерностью и субъективными оценками сложности, (2) между фрактальной размерностью и оценками привлекательности стимулов, при этом оказалось, что (3) предпочтение испытуемые отдают стимулам средней фрактальной размерности [Sprott, 1993]. Аналогичные результаты были получены в исследованиях с применением созданного Спроттом банка стимулов [Aks, Sprott, 1996; Abraham et al., 2003; Mitina, Abraham, 2003].

Предпочтение изображений средней фрактальной размерности изучалось достаточно детально, при восприятии разных типов естественных и искусственных объектов. Люди в целом предпочитают фрактальные изображения нефрактальным, при этом многим нравятся изображения не слишком простые и не слишком сложные. Большинство предпочитает изображения фрактальной размерностью 1,3–1,5 (в данном случае речь идет о плоских изображениях, топологическая размерность которых не может быть больше 2). По результатам эмпирических исследований сделан обоснованный вывод о том, что эта нелинейная закономерность носит универсальный характер [Taylor et al., 2001; Spehar et al., 2003; Taylor, 2006; Taylor et al., 2011].

Почему людям нравятся фрактальные изображения, в особенности средней визуальной сложности? Наличие таких предпочтений согласуется с фрактальностью природных объектов, приятных и привычных человеческому глазу [Mandelbrot, 1982; Peitgen, Richter, 1986; Sprott, 1993; Taylor, Sprott, 2008]. Как отмечают разные авторы, человек в процессе длительной эволюции адаптировался к фрактальной природной среде, к восприятию мира, насыщенного самоподобными объектами [Hagerhall et al., 2004; Joye, 2007; Пьянкова, 2016]. Неслучайно большинству людей приятны виды облаков, морских волн и других объектов, которые характеризуются средней фрактальной размерностью (см. сравнительную таблицу размерностей природных фрактальных паттернов в [Taylor et al., 2011]).

Фрактальные объекты притягательны для людей и могут благоприятно влиять на психологический статус, комфортность окружающей человека среды, способствовать редукции стресса, обеспечивать эффективность психологической и медицинской терапии [Taylor et al., 2005; Joye, 2006; Taylor, 2006; Taylor, Sprott, 2008; Salingaros, 2012; Bies et al., 2016]. Потенциальная эффективность фрактальной стимуляции обосновывается в теории фрактальности ощущений, которая связывает характеристики нейронных сетей и функциональной активности мозга с критически важным опытом восприятия потоков нелинейной стимуляции в течение жизни [Zueva, 2015; Зуева, 2018]. Получены данные о том, что восприятие природоподобных, биофильных фракталов вызывает специфические изменения ЭЭГ, которые являются индикаторами расслабленного бодрствующего состояния [Hagerhall et al., 2015].

Приспособленность человека к восприятию фрактальных объектов обнаруживается в разнообразных структурных и функциональных особенностях человеческого организма. Фрактальными свойствами обладают в том числе головной мозг и система зрительного восприятия, что находит применение в физиологии и медицине [см. обзор: Зуева, 2014]. Фрактальная размерность различных параметров (структура нейронных сетей, ветвление сосудов, архитектура сетчатки, динамика электрической активности и др.) может изменяться в соответствии с возрастом, психологическим и соматическим статусом.

Изучение фрактального эстетического опыта в связи с особенностями восприятия и функционированием мозга вызывает все больший интерес. Выявлены психофизиологические и

нейрофизиологические корреляты восприятия сложных фрактальных паттернов, такие как траектории движения глаз, электрическая проводимость кожи, характеристики электроэнцефалограммы [Hagerhall et al., 2008; Taylor et al., 2011; Hagerhall et al., 2015]. Обнаружены высокие корреляции между эстетическими предпочтениями и особенностями сенсорного кодирования стимулов, подтверждающие гипотезу авторов о роли визуальной чувствительности к восприятию определенного типа визуальных паттернов [Spehar et al., 2015]. Показано, что специфика обработки зрительных сигналов мозгом связана с самоподобием пространственных спектров фрактальных изображений, что может влиять на эффективность восприятия и привлекательность фрактальных объектов [Каштанов и др., 2017].

Источникам вариативности зрительного восприятия фрактальных объектов первоначально уделялось мало внимания. В ранних работах есть упоминания о влиянии таких факторов, как возраст, пол, креативность, культурная принадлежность, однако данные были получены на небольших выборках и скорее служили обоснованием гипотез для дальнейших исследований [Пьянкова, 2016].

Реализовывались попытки обнаружить совместную вариативность реакций на визуальное восприятие фракталов и различных психологических особенностей. Так, данные о связях личностных характеристик (уровень самоконтроля, эмоциональная стабильность и др.) и субъективных оценок сложности / привлекательности фрактальных стимулов получены в исследовании [Mitina, Abraham, 2003]. Отметим, что взаимосвязи особенностей восприятия фрактальных объектов и интегральных психологических характеристик остаются эмпирически и теоретически слабо изученными.

В последние годы поиск источников вариативности реагирования на восприятие фрактальных объектов ведется более планомерно. Остановимся подробнее на масштабном исследовании [Street et al., 2016]. Выборка (N = 443) включала испытуемых из разных стран мира, принадлежащих к разным культурам, разного пола и возраста. После установления высоких корреляций между фрактальной размерностью и субъективными оценками визуальной сложности авторы реализовали две серии эксперимента по изучению привлекательности стимулов. В первой серии оценивалась вероятность выбора более сложного из пары изображений; обнаружено влияние на индивидуальные различия факторов пола, возраста, культурной принадлежности. Во второй серии установлено, что вероятность выбора из пары изображения со средней фрактальной размерностью не опосредована факторами пола, возраста и культуры, что в очередной раз подтверждает универсальность нелинейных соотношений между привлекательностью и фрактальной размерностью изображений. Авторы задаются вопросом, как увязать наличие индивидуальных различий и универсальность закономерности о большей привлекательности изображений средней фрактальной размерности.

По нашему мнению, необходимо тестировать гипотезу о генетических факторах как источниках вариативности восприятия фрактальных объектов. Это предположение основано на следующих аргументах: человек эволюционно адаптирован к восприятию фрактальных объектов; мозг и система визуального восприятия обладают фрактальными свойствами; существуют психофизиологические и нейрофизиологические корреляты особенностей восприятия фрактальных паттернов.

Объяснительным потенциалом обладает предположение о том, что вариативные генетические особенности могут быть ответственны за межиндивидуальные различия, а общая для разных людей генетическая база – за общие закономерности зрительного восприятия фрактальных объектов.

Настоящее исследование фокусировано на индивидуальных различиях в особенностях восприятия фрактальных изображений. Проверяются предположения об устойчивости индивидуальных различий в оценках субъективной сложности, а также о влиянии генетических факторов на индивидуальные различия в эстетических предпочтениях при восприятии самоподобных объектов. Роль генетических факторов при восприятии фрактальных изображений ранее не изучалась, такой вопрос ставится впервые, исследование носит поисковый характер.

Эмпирическое исследование

В исследовании проверялись следующие предположения: (1) существуют устойчивые индивидуальные

различия в особенностях ранжирования визуальных стимулов разной фрактальной размерности по критерию воспринимаемой сложности; (2) генетические факторы вносят вклад в вариативность оценок субъективной привлекательности визуальных стимулов разной фрактальной размерности.

Методы

Испытуемые

В эксперименте принимали участие две группы студентов московских вузов ($N = 299$). Группу 1 составили 175 человек, в том числе 136 женщин, 38 мужчин (в одном случае пол не указан), в возрасте 18–36 полных лет, средний возраст $21,9 \pm 3,29$; 55 испытуемых, в том числе 45 женщин, 10 мужчин, обследованы дважды, со средним интервалом две недели. Группу 2 составили 124 человека, в том числе 76 женщин, 46 мужчин (в одном случае пол не указан), возраст 17–32 полных лет, средний возраст $19 \pm 1,45$. Испытуемые группы 2 сдавали биологический материал для генотипирования (после подписания добровольного информированного согласия на предоставление биологического материала).

Протоколы исследования содержали социально-демографические данные об испытуемых: пол, возраст, наличие сиблингов (неединственность детей усложняет структуру семьи), степень обучения (студенты младших и старших курсов, аспирантуры, получающие второе высшее образование и т.п.).

Материалы и процедура

Метод изучения особенностей восприятия самоподобных объектов «Чувствительность к фрактальной размерности» (ЧФР) соответствует целям исследования [Пьянкова, 2013]. Испытуемым предлагается ранжировать стимулы разной фрактальной размерности, что позволяет получить количественные показатели для анализа индивидуальных различий. Подобный подход отличается большей компактностью в сравнении с методом парных сравнений, большей информативностью в сравнении с методом последовательного предъявления изображений, когда испытуемый приписывает каждому стимулу оценку в баллах по n -мерной шкале в зависимости от субъективной сложности и/или привлекательности стимулов.

Применялся набор из 20-ти двумерных стимулов разной фрактальной размерности (D), которая варьировала от 1,086 до 1,751. Фрактальная размерность D каждой из 20 картинок в порядке возрастания: 1,086, 1,138, 1,275, 1,342, 1,402, 1,423, 1,432, 1,511, 1,513, 1,532, 1,550, 1,569, 1,573, 1,585, 1,600, 1,612, 1,650, 1,654, 1,740, 1,751. Средняя разность D двух соседних изображений = 0,035. Банк монохромных стимулов в формате bmp создавался при помощи генератора фракталов Хаос.exe (Freeware, <https://chaos-project.github.io>). Размер карточек с изображениями: высота 4,52, ширина 5,29 см. Фрактальная размерность точечных изображений (200 на 171 точек, формат wbmp) оценивалась методом box-counting с помощью программы Fractalyse (CNRS, Laboratoire ThéMA, Université de Franche-Comté, France; www.fractalyse.org).



Рис. 1. Примеры изображений из экспериментального набора ($FD = 1,513, 1,275$ и $1,432$ соответственно).

Испытуемые ранжировали двадцать стимулов: группа 1 – по критерию воспринимаемой сложности,

группа 2 – по критерию эстетической привлекательности. Предъявлялись 20 изображений с условно присвоенными номерами, размещенных рядами в случайном порядке на плоском основании (рис. 2). Стимульные картинки изначально лежали перед испытуемым изображением вверх, будучи закреплены по левому краю таким образом, что могли быть перевернуты, подобно книжной странице, пустой стороной вверх.

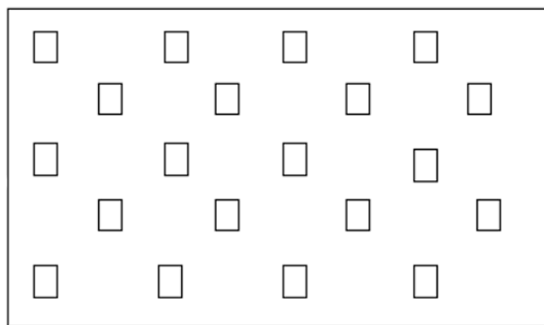


Рис. 2. Порядок размещения тестовых стимулов.

Процедура выбора повторялась последовательно 20 раз: испытуемый на каждом этапе выбирал самую простую (инструкция 1) или самую привлекательную (инструкция 2) картинку, отмечая в протоколе исследования ее номер, затем переворачивал картинку пустой стороной вверх. Таким образом, в поле зрения испытуемого находились всегда только те изображения, относительно которых еще не был сделан выбор: сначала испытуемый видел 20 картинок, затем 19, 18 и так далее, вплоть до последней единственной картинки. В итоге каждый индивидуальный протокол содержал рейтинг ранжированных стимулов в порядке возрастания субъективной сложности (инструкция 1) либо в порядке убывания привлекательности (инструкция 2).

Методы анализа данных

Рассматривались показатели ранжирования стимулов разной фрактальной размерности (1) по воспринимаемой визуальной сложности, (2) по эстетической привлекательности. Анализируемые показатели подробно описываются далее в соответствующих разделах.

Двухуровневые номинативные переменные, в частности пол, ступень обучения и наличие сиблингов, использовались при анализе межгрупповых различий.

Нормальность распределения переменных оценивалась по тесту Колмогорова–Смирнова. Для оценки тесноты взаимосвязей переменных вычислялись коэффициенты корреляции Спирмена. Сравнение средних производилось по критерию Манна–Уитни, методами Краскала–Уоллеса (в случае отклонения от нормальности или неоднородности дисперсии по тесту Ливена) и однофакторного ANOVA. Использовался пакет статистических программ SPSS 18.

Результаты

Субъективная и объективная визуальная сложность

Показатели визуальной сложности. Испытуемые группы 1 ранжировали набор изображений по уровню воспринимаемой визуальной сложности. Анализировались следующие переменные:

- (1) объективные оценки визуальной сложности, а именно фрактальная размерность D стимулов, ранжированных в порядке возрастания D ; здесь и далее – эталонный рейтинг сложности, единый для всех испытуемых;
- (2) субъективные оценки визуальной сложности, а именно фрактальная размерность D стимулов, ранжированных в порядке возрастания воспринимаемой сложности, здесь и далее – индивидуальный рейтинг сложности;

(3) групповые оценки субъективной сложности, а именно усредненные по всей выборке и подгруппам данные индивидуальных рейтингов, здесь и далее – групповой рейтинг сложности;
 (4) показатели точности ранжирования, отражающие сходство субъективных и объективных оценок сложности, иными словами – сходство различных рейтингов сложности с эталонным рейтингом (оценка по величине коэффициентов корреляции Спирмена).

Напомним, что фрактальная размерность служит объективной характеристикой визуальной сложности, высоко коррелируя с ее субъективными оценками. Отсюда непосредственно следует, что люди могут ранжировать стимулы по воспринимаемой сложности с разной степенью соответствия фрактальной размерности стимулов (здесь и далее называем эту меру соответствия точностью ранжирования).

Представим наглядно полученные данные. Примеры индивидуального результата ранжирования стимулов по критерию воспринимаемой сложности представлены на рис. 3 – в сравнении с эталонным рейтингом фрактальной размерности стимулов. Можно оценить точность ранжирования по степени соответствия индивидуального рейтинга эталонному. Корреляция (по Спирмену) субъективных и объективных оценок сложности: $r = 0,965$, $p = 0,000$ (испытуемый АК, на рис. 3 слева) и $r = 0,571$, $p = 0,009$ (испытуемый ДК, на рис. 3 справа).

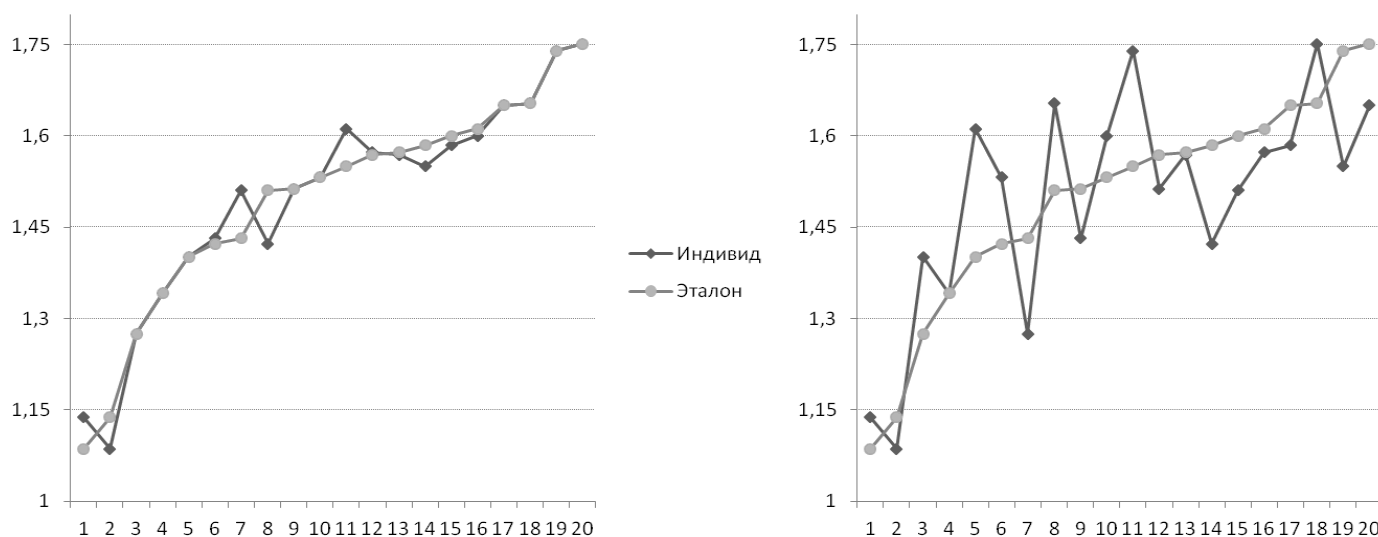


Рис.3. Индивидуальный и эталонный рейтинги визуальной сложности стимулов. Степень совпадения отражает точность ранжирования.

Примечания. Вертикальная ось – фрактальная размерность стимулов. Горизонтальная ось – номер позиции в рейтинге. Данные испытуемых АК (слева) и ДК (справа).

Усредненные по выборке данные индивидуальных рейтингов субъективной сложности определяют обобщенный, групповой рейтинг ранжирования стимулов (рис. 4). Вычислялась средняя фрактальная размерность (D) картинки, которую испытуемые каждой группы считают самой простой и помещают на первую позицию в рейтинге субъективной сложности; затем – средняя D менее простой картинки на второй позиции в рейтинге; средняя D еще менее простой картинки – на третьей позиции и так далее по каждой позиции (групповой рейтинг).

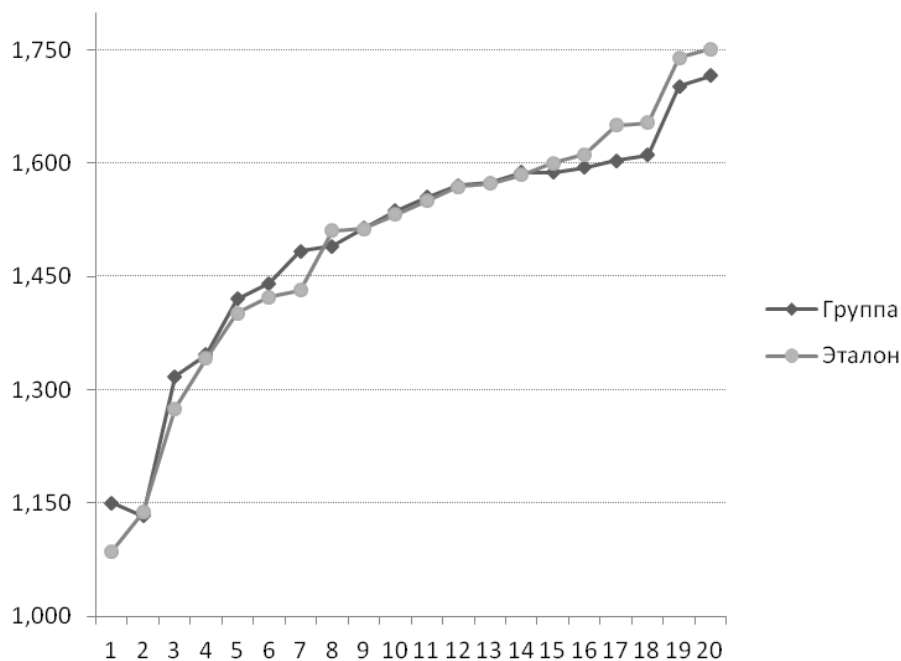


Рис. 4. Групповой и эталонный рейтинги визуальной сложности стимулов.

Примечания. Вертикальная ось – фрактальная размерность стимулов. Горизонтальная ось – номер позиции в рейтинге.

Групповой рейтинг из двадцати усредненных показателей ФР проверялся на соответствие неизменному эталонному рейтингу фрактальной размерности стимулов для оценки так называемой групповой точности ранжирования. Коэффициент корреляции Спирмена «групповой – эталонный рейтинг» на всей выборке $r = 0,998$, $p = 0,000$ (см. рис. 1). Аналогичные результаты монотонно воспроизводятся в подгруппах женщин и мужчин, в подгруппах единственных и неединственных детей, а также находящихся на разной ступени обучения (r от 0,992 до 0,997; все корреляции значимы при $p = 0,000$). Различий между групповыми рейтингами в разных подгруппах не выявлено (оценка по критерию Манна-Уитни).

Индивидуальная точность ранжирования. Рассмотрим, связаны ли оценки субъективной и объективной сложности, насколько совпадают два этих ряда данных для каждого испытуемого. Показателями точности ранжирования служили коэффициенты корреляции между эталонным и индивидуальным рейтингами фрактальной размерности. Эти показатели позволяют оценить, насколько точно испытуемый, руководствуясь критерием субъективной сложности, выстраивает стимулы в порядке возрастания фрактальной размерности – объективной характеристики изображений. Очевидно, что на воспринимаемую визуальную сложность влияют различные факторы, и мы предполагаем, что способность реагировать на фрактальную размерность объекта входит в число этих факторов и оказывает существенное влияние на результаты ранжирования стимулов.

По результатам исследования для большинства испытуемых характерна высокая точность ранжирования: субъективная оценка визуальной сложности высоко коррелирует с объективной сложностью, то есть фрактальной размерностью стимулов. Подавляющее большинство коэффициентов корреляции статистически значимы (95,8% – при уровне p от 0,000 до 0,005; 1,8% – статистическая тенденция при p от 0,063 до 0,099; 2,4% – незначимы), что соответствует эмпирическим данным о высокой общности показателей субъективной визуальной сложности и фрактальной размерности.

Величина коэффициентов корреляции, то есть оценок точности ранжирования, колеблется в диапазоне от 0,180 (минимум) до 0,967 (максимум). Средняя величина показателей точности = 0,811, $SD = 0,150$, мода = 0,902. Большая часть оценок смещена в сторону высоких значений, распределение

отклоняется от нормального (оценка по критерию Колмогорова–Смирнова). Медианное значение = 0,866, то есть более половины показателей превышают эту величину, три четверти показателей (75%) превышают величину 0,907; 90% показателей больше 0,925. Распределение показателей представлено на рис. 5.

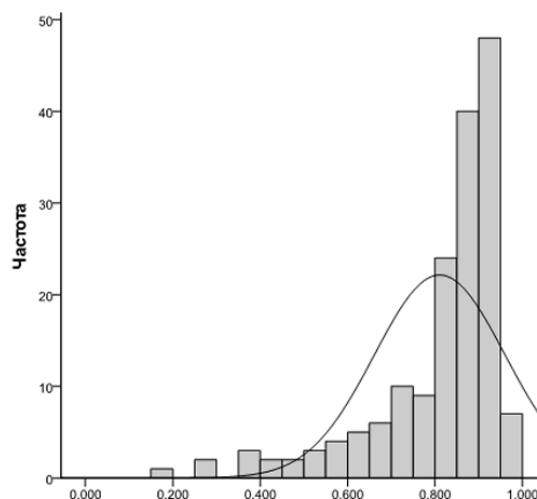


Рис. 5. Распределение показателей точности ранжирования. Отобразена нормальная кривая.

Между испытуемыми существуют выраженные индивидуальные различия в показателях точности ранжирования. Эти различия, возможно, обусловлены индивидуальной чувствительностью к фрактальной размерности, которая может быть связана как с сугубо визуальной чувствительностью к восприятию фрактальных паттернов, так и с другими индивидуальными особенностями, включая психологические. Данная гипотеза требует тестирования в более широком эксперименте, с включением дополнительных переменных. Можно выделить группу испытуемых (95,8%) с наиболее высокими показателями точности ранжирования. Остальные либо не руководствуются (неявно) при ранжировании фрактальной размерностью, либо нечувствительны к этой характеристике, либо руководствуются специфическими индивидуальными критериями при инструкции упорядочить стимулы по визуальной сложности. Этот вопрос также требует дополнительного изучения.

Влияние факторов пола, структуры семьи, ступени обучения (оценка по критерию Манна–Уитни) на показатели точности ранжирования не выявлено: не различаются подгруппы (1) женщин и мужчин, (2) единственных и неединственных детей, (3) находящихся на разной ступени обучения. Нет связей между возрастом и точностью ранжирования (оценка по Спирмену); подчеркнем, что выборка была весьма однородной по возрасту.

Повторное тестирование. Часть испытуемых принимала участие в эксперименте дважды. Оценивалась надежность индивидуальных оценок субъективной сложности и показателей точности ранжирования.

Для сравнения двух рядов субъективных оценок визуальной сложности (двух индивидуальных рейтингов одного испытуемого) вычислялись коэффициенты корреляции между показателями фрактальной размерности стимулов, ранжированных испытуемыми дважды. Так можно оценить, сохраняется ли индивидуальный порядок ранжирования стимулов от первого ко второму тестированию. Средняя величина коэффициентов корреляции «тест – ретест» $r = 0,725$, стандартное отклонение $SD = 0,155$, медианное значение = 0,761, мода = 0,764, минимум = 0,338, максимум = 0,971. Большинство коэффициентов корреляции значимы при p от 0,000 до 0,005 (90,4%) либо значимы на уровне тенденции (5,8% при p от 0,069 до 0,091); 3,8% – незначимы. Распределение не отклоняется от нормального (оценка по критерию Колмогорова–Смирнова). Суммарно 96,2% испытуемых повторно упорядочивают стимулы по критерию визуальной сложности значимо сходным образом, что проявляется в сходстве индивидуальных рейтингов сложности, полученных при первом и втором тестировании.

Также анализировались связи показателей точности ранжирования при первом и втором тестировании. Сопоставление двух профилей точности по критерию Вилкоксона, который позволяет сравнить ранги абсолютных разностей пар значений, демонстрирует отсутствие различий ($p = 0,919$) между показателями точности ранжирования. Выявлена значимое сходство двух профилей точности, которое оценивалось по величине корреляции между ранжированными показателями точности при первом и втором тестировании ($r = 0,621$, $p = 0,000$); доля дисперсии, обусловленная влиянием независимой переменной (фрактальной размерности) составляет 39%. Такую ретестовую надежность нельзя считать высокой для диагностического инструмента. Однако в контексте настоящего исследования более важно, что ряды первых и вторых оценок точности достоверно связаны между собой.

Отметим, что фрактальная размерность тестовых стимулов меняется с очень малым шагом: средняя разность между D соседних стимулов в эталонном ряду = 0,035, в нескольких случаях составляя 0,002–0,004. Большое сходство в величине D мешает различению некоторых изображений, тем самым снижая надежность методики и усиливая роль случайных факторов. При столь незначительных различиях во фрактальной размерности между стимулами наличие значимых корреляций «тест – ретест» для исследовательских целей можно считать удовлетворительным результатом. В перспективе для создания надежного диагностического инструмента оценки точности ранжирования желательно, помимо стандартизации теста, усовершенствовать методику: отобрать стимулы с более сильно различающейся фрактальной размерностью, выстроить эталонный ряд изображений с константным шагом нарастания размерности. (С учетом этих замечаний во второй части эксперимента мы использовали обобщенные показатели при анализе эстетической привлекательности стимулов.)

Дополнительно можно выдвинуть такое предположение. Высокая воспроизводимость оценок точности ранжирования, возможно, характерна для тех испытуемых, которые обладают высокой чувствительностью к восприятию фрактальной размерности и устойчиво (неявно) руководствуются этой объективной характеристикой при ранжировании стимулов. Другие испытуемые, вне зависимости от того, способны ли они адекватно оценивать фрактальную размерность стимулов, в разных ситуациях могут руководствоваться различными субъективными критериями оценки визуальной сложности, что можно наблюдать в виде неустойчивости оценок их точности ранжирования. Пока мы не располагаем данными для оценки справедливости этого предположения.

Таким образом, в исследовании обнаружены достоверные связи полученных при первом и втором тестировании индивидуальных рейтингов сложности, а также показателей точности ранжирования, которые служат индикаторами соответствия субъективных и объективных оценок визуальной сложности. Совокупность полученных данных, свидетельствует о существовании относительно устойчивых индивидуальных различий при восприятии визуальной сложности изображений разной фрактальной размерности.

Результаты анализа показателей ранжирования стимулов по воспринимаемой визуальной сложности: (1) субъективная визуальная сложность тесно связана с объективной сложностью, которая описывается фрактальной размерностью стимулов; (2) существуют индивидуальные различия в показателях точности ранжирования визуальных стимулов соответственно их фрактальной размерности; (3) испытуемые ранжируют стимулы по воспринимаемой сложности достоверно сходным образом при повторном тестировании; (4) не выявлено влияния факторов пола, возраста, наличия сиблингов, ступени обучения на восприятие визуальной сложности фрактальных стимулов.

Эстетические предпочтения и генетические различия

Исследовались возможные генетические источники эстетических предпочтений при восприятии самоподобных объектов. В роли генов-кандидатов выступили *MAOA* и *DRD2*, которые включены в регуляторную систему нормального функционирования мозга и ассоциированы с рядом

психологических и психофизиологических особенностей [подробнее см.: Ryankova et al., 2019, in press]. Проверялась гипотеза о влиянии генетических факторов на оценки привлекательности стимулов разной фрактальной размерности. Описание данных с приложением таблиц представлено в работе [Ryankova et al., 2019, in press], поэтому ограничимся кратким изложением результатов.

Испытуемые группы 2 ранжировали по субъективной привлекательности 20 плоских изображений разной фрактальной размерности (эталонный набор стимулов, см. раздел «Методы»). Определялись носители аллелей генов *MAOA* и *DRD2*. Генотипирование проводилось под руководством профессора В.А.Скобеевой (биологический факультет МГУ). Испытуемые, у которых удалось выделить ДНК, формировали различные подгруппы по генетическому критерию. Генотипированы: 83 человека по гену *MAOA*; 80 человек по гену *DRD2*.

Анализировались следующие показатели (буквой D обозначена фрактальная размерность тестового стимула):

(1) фрактальная размерность изображений на каждой из двадцати позиций в индивидуальном рейтинге привлекательности, показатели F1–F20 каждого испытуемого; средние по группе показатели F1–F20 составляют групповой рейтинг привлекательности;

(2) средняя фрактальная размерность на десяти первых позициях в индивидуальном рейтинге привлекательности: D первой, наиболее привлекательной картинки (FD1 = F1), среднее D двух первых картинок (FD2), трех первых (FD3) и так далее до показателя средней фрактальной размерности первых десяти картинок (FD10); всего 10 усредненных показателей для каждого испытуемого, от FD1 до FD10;

3) аналогично вычислялись показатели по второй половине рейтинга привлекательности: средняя фрактальная размерность D десяти наименее привлекательных изображений в рейтинге (Fin10), последних 9 картинок (Fin9) и так далее вплоть до фрактальной размерности последней, наименее привлекательной картинки (Fin1 = F20); всего 10 усредненных показателей для каждого испытуемого, от Fin10 до Fin1.

Оценки привлекательности визуальных фрактальных стимулов. Проиллюстрируем общую тенденцию в соотношениях фрактальной размерности и привлекательности изображений. Средние по группе показатели F1–F20 (средняя фрактальная размерность всех первых картинок в рейтинге, всех вторых etc) представлены на рис. 6. Средняя фрактальная размерность ранжированных изображений постепенно уменьшается по мере убывания привлекательности – от первой к последней позиции в рейтинге (от F1 = 1,563 до F20 = 1,246). Полученные результаты согласуются с данными предыдущих исследований.

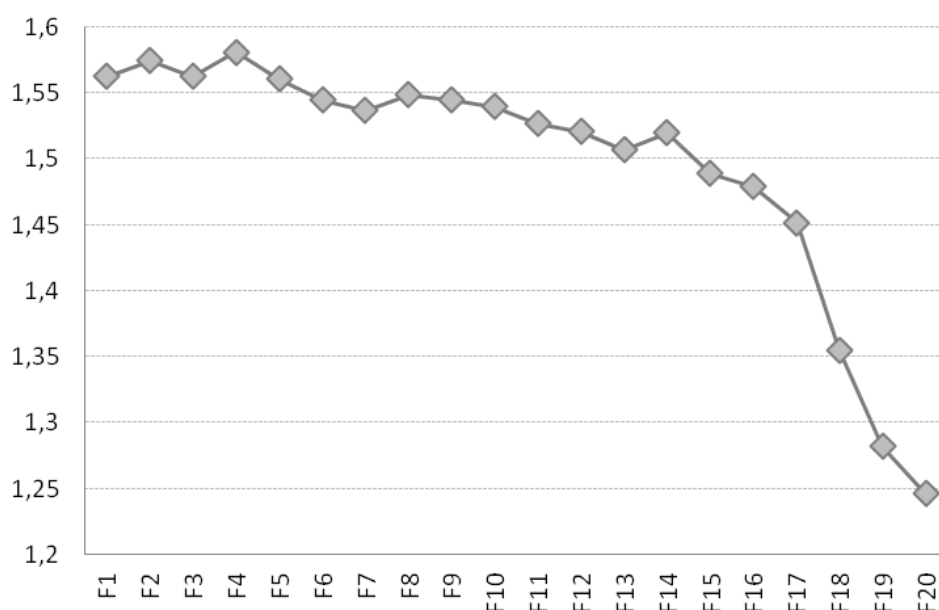


Рис. 6. Средняя фрактальная размерность стимулов в рейтинге привлекательности.

Примечания. Вертикальная ось – фрактальная размерность стимулов. Горизонтальная ось – показатели F1–F20, соответственно номеру позиции в рейтинге.

Генетические эффекты MAOA. Наиболее явно генетические эффекты можно выявить на мужской подгруппе. Поскольку ген *MAOA* локализуется на X-хромосоме, мужчины являются носителями одного аллеля (гемизиготы по аллелю 3 либо 4), а женщины – носителями двух аллелей, то есть бывают гомозиготами (33 либо 44) либо гетерозиготами (34). Аллель 3 ассоциирован с низкой активностью гена (*MAOA-L*), аллель 4 – с высокой (*MAOA-H*), гетерозиготность 34 соответствует средней активности гена (*MAOA-M*).

Подгруппы носителей аллелей *MAOA*: 22 человека – носителя аллеля 3 (гомозиготы или гемизиготы); 33 носителя аллеля 4 (гомозиготы или гемизиготы); 28 гетерозиготных носителей аллелей 3 и 4. Другие аллели в данной выборке не встречались. При статистическом анализе данных применялись метод Краскала–Уоллеса и однофакторный ANOVA. Выявлены статистически значимые межгрупповые различия ($0,006 < p < 0,050$).

Достоверные различия между подгруппами с разными генотипами *MAOA* выявлены в основном по первым десяти усредненным показателям рейтинга, ближе к среднему диапазону привлекательности (см. рис. 7). Влияние генетических факторов объясняет от 7% до 10% общей дисперсии показателей FD3, FD5–FD10, Fin10–Fin9. В подгруппах мужчин (11 носителей аллеля 3; 18 носителей аллеля 4) выявлены значимые различия по показателям FD5, FD7–FD10, Fin10–Fin6, также из средней части рейтинга привлекательности; генетические влияния описывают от 14% до 25% дисперсии. В подгруппах женщин (носителей аллелей 3, 4 и 34 соответственно 11, 15 и 28) различий в зависимости от генотипа *MAOA* не выявлено.

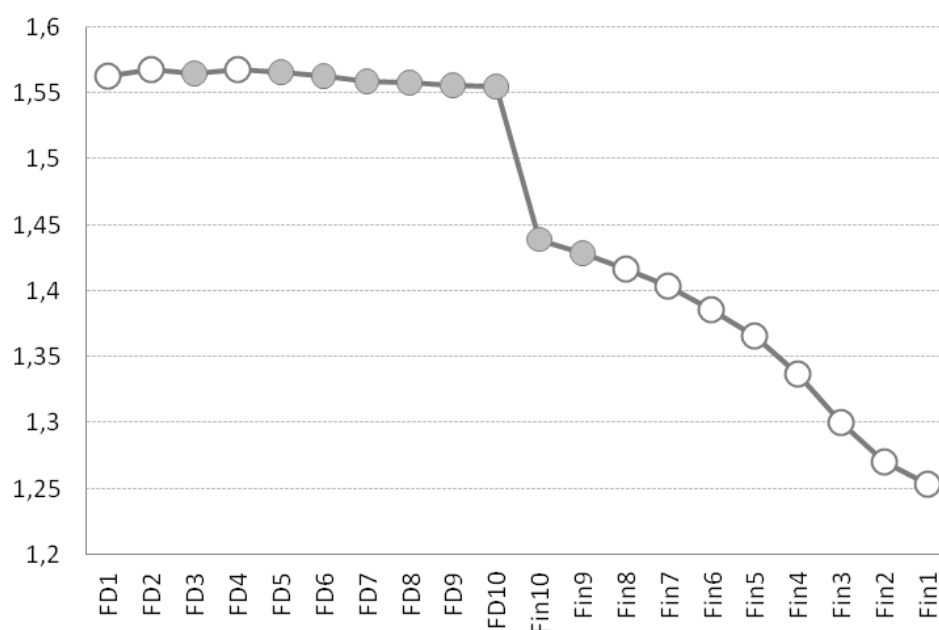


Рис. 7. Усредненные показатели фрактальной размерности в рейтинге привлекательности стимулов и значимые генетические эффекты *MAOA*.

Примечания. Серые маркеры – выявленные при генетическом анализе значимые различия между подгруппами носителей разных аллелей *MAOA* (показатели FD3, FD5–FD10, Fin10–Fin9).

При сравнении подгрупп с разными генотипами можно отметить, что пониженная экспрессия гена *MAOA* (носители аллеля 3, *MAOA-L*) связана с большей привлекательностью более высокой фрактальной размерности, меньшей привлекательностью более низкой фрактальной размерности

изображений. Сравнительные данные о величине фрактальной размерности в группах людей с разными генотипами *MAOA* представлены на рис. 8.

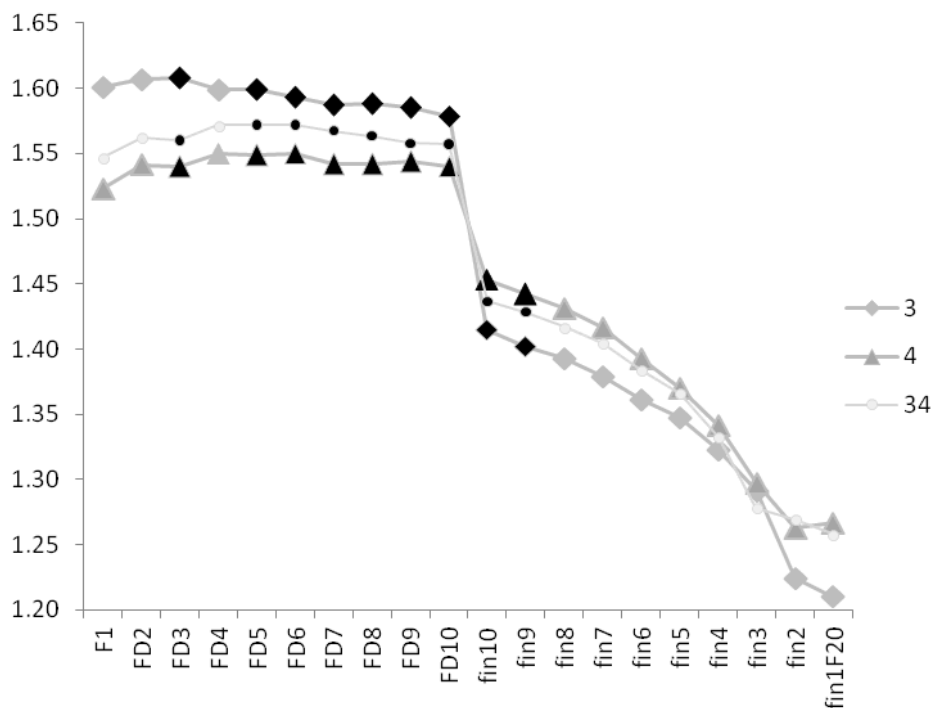


Рис 8. Генетические эффекты *MAOA* в подгруппах носителей разных аллелей.

Примечания. Темными маркерами отмечены показатели, по которым выявлены значимые различия между группами носителей разных аллелей *MAOA*. 3, 4 и 34 – соответственно обозначения групп носителей аллеля 3 (*MAOA*-L), носителей аллеля 4 (*MAOA*-H), гетерозиготных носителей аллелей 3 и 4 (*MAOA*-M).

Типичные различия между группами носителей разных полиморфизмов *MAOA* на примере отдельных показателей иллюстрирует рис. 9. При рассмотрении стимулов наибольшей привлекательности (первые десять изображений) в группе испытуемых с пониженной экспрессией гена *MAOA* (*MAO*-L) в сравнении с другими подгруппами отмечается более высокая предпочитаемая фрактальная размерность, при рассмотрении стимулов наименьшей привлекательности (вторая половина изображений) отмечается менее высокая предпочитаемая фрактальная размерность. Разбиение изображений на две половины наиболее и наименее привлекательных носит условный характер, тем не менее хорошо отражает выявленную закономерность: пониженной экспрессии гена *MAOA* соответствует предпочтительность стимулов более высокой фрактальной размерности.

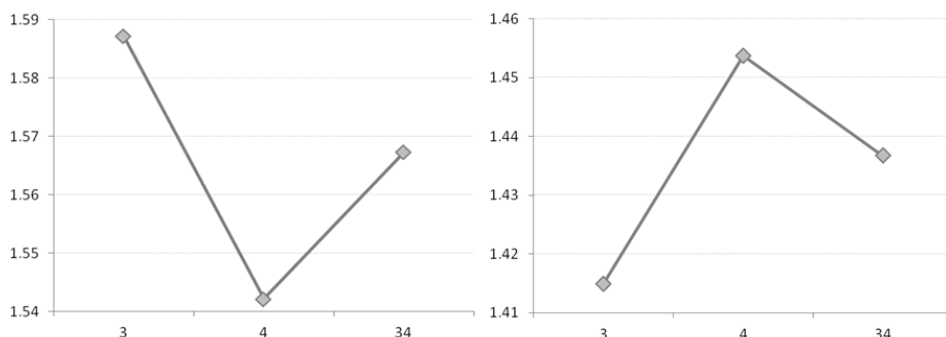


Рис. 9. Влияние полиморфизмов *MAOA* на предпочитаемую фрактальную размерность. Типичные межгрупповые различия на примере показателя FD7 (слева) и показателя Fin9 (справа).

Примечания. 3, 4 и 34 – обозначения групп носителей аллеля 3, носителей аллеля 4, гетерозиготных носителей аллелей 3 и 4. Показатель FD7 отражает среднюю фрактальную размерность семи наиболее предпочитаемых изображений; показатель Fin9 – девяти наименее предпочитаемых

изображений в рейтинге привлекательности.

Генетические эффекты DRD2. У людей встречаются полиморфизмы TaqA в гене *DRD2* (варианты A1 и A2); возможны разные сочетания аллелей. Сравнивались между собой только подгруппы гомозигот A2A2 ($n = 56$) и гетерозигот A1A2 ($n = 20$), поскольку гомозиготы по аллелю A1 встречались редко ($n = 4$).

Обнаружены значимые различия по показателям фрактальной размерности наиболее привлекательных изображений ($FD1 = F1$, размерность первой в рейтинге, наиболее предпочитаемой картинки, $p = 0,050$; $FD2$, усредненная размерность двух первых картинок в рейтинге, $p = 0,023$). Несмотря на небольшое количество значимых различий, при рассмотрении всех показателей отчетливо проявляется общая тенденция: носителями полиморфизма A2A2 более низкая фрактальная размерность воспринимается как более привлекательная, более высокая размерность – как менее привлекательная.

Результаты анализа оценок привлекательности стимулов. Средняя фрактальная размерность ранжированных изображений постепенно уменьшается по мере убывания привлекательности – от первой к последней позиции в рейтинге (от $F1 = 1,563$ до $F20 = 1,246$). Обнаружено влияние полиморфизмов генов *MAOA* и *DRD2* на эстетические предпочтения при восприятии визуальных самоподобных стимулов. Это свидетельствует о генетической обусловленности индивидуальных различий в особенностях восприятия фрактальных изображений. Исследование предполагает в дальнейшем изучение механизмов обнаруженных генетических влияний на психологические характеристики визуального восприятия.

Заключение

По результатам исследования субъективной сложности и эстетической привлекательности визуальных стимулов разной фрактальной размерности получены следующие данные: (1) субъективные оценки визуальной сложности коррелируют с фрактальной размерностью и воспроизводятся при повторном тестировании; (2) средняя фрактальная размерность ранжированных изображений снижается от 1,563 до 1,246 по мере уменьшения привлекательности; (3) полиморфизмы генов *MAOA* и *DRD2* влияют на восприятие эстетической привлекательности стимулов (этот факт установлен впервые). Можно обоснованно заключить, что индивидуальные различия в субъективном восприятии визуальных фрактальных стимулов обусловлены фрактальной размерностью; индивидуальные особенности восприятия фрактальных изображений отчасти обусловлены влиянием генетических факторов.

Представляется продуктивным при изучении визуального восприятия фрактальных объектов введение психологического конструкта «чувствительность к фрактальной размерности», описывающего не только сугубо визуальную чувствительность, но интегральное индивидуальное свойство. На основе литературных данных и с опорой на результаты настоящего исследования можно предполагать, что чувствительность к фрактальной размерности является значимой психологической характеристикой, опосредует визуальное восприятие фрактальных объектов, формируется под влиянием индивидуального опыта взаимодействия со средой и находится под частичным генетическим контролем. Тестирование этой гипотезы является задачей дальнейших исследований.

Выражение признательности

Благодарю сотрудников Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова Викторию Александровну Скобееву (биологический факультет), Екатерину Романовну Черткову (биологический факультет), Юлию Давидовну Черткову (психологический факультет) за анализ биологического материала и ценные замечания при обсуждении результатов генетической части

исследования. Благодарю научного сотрудника лаборатории молекулярно-биологических и нейробиологических проблем и биоскрининга Московского физико-технического института Тимура Александровича Чернова за деятельную организационную помощь при проведении эксперимента.

Литература

Зуева М.В. Нелинейные фракталы: приложения в физиологии и офтальмологии. Обзор. Офтальмология, 2014, 11(1), 4–11. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2014-1-4-11>

Зуева М.В. Технологии нелинейной стимуляции: роль в терапии заболеваний головного мозга и потенциал применения у здоровых лиц. Физиология человека, 2018, 44(3), 62–73. doi:10.7868/S0131164618030074

Каштанов А.А., Короленко П.В., Мишин А.Ю. Прикладные и фундаментальные аспекты фрактальной арт-терапии. Здоровье и образование в XXI веке, 2017, 19(2), 90–92.

Пьянкова С.Д. Фрактально-аналитические исследования в психологии. В кн.: Синергетика в общественных и естественных науках: материалы 9 междунар. конф. Тверь: ТГУ, 2013. С. 359–360.

Пьянкова С.Д. Фрактально аналитические исследования в психологии: особенности восприятия самоподобных объектов. Психологические исследования, 2016, 9(46), 12. <http://psystudy.ru>

Abraham F.D., Sprott J.C., Mitina O., Osorio M., Dequito E. A., Pinili J.M. Judgments of time, aesthetics, and complexity as a function of the fractal dimension of images formed by chaotic attractors. 2003. <http://www.blueberry-brain.org/silliman/JEM%20ms2.htm>

Aks D.J., Sprott J.C. Quantifying aesthetic preference for chaotic patterns. Empirical Studies of the Arts, 1996, 14(1), 1–16. doi:10.2190/6V31-7M9R-T9L5-CDG9

Bies A.J., Blanc-Goldhammer D.R., Boydston C.R., Taylor R.P., Sereno M.E. Aesthetic responses to exact fractals driven by physical complexity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2016/10, 210. doi:10.3389/fnhum.2016.00210

Hagerhall C.M., Laike T., Kuller M., Marcheschi E., Boydston C., Taylor R.P. Human physiological benefits of viewing nature: EEG responses to exact and statistical fractal patterns. *Nonlinear Dynamics Psychol. Life Sci.*, 2015, 19, 1–12. PMID: 25575556

Hagerhall C.M., Laike T., Taylor R.P., Kuller M., Kuller R., Martin T.P. Investigations of human EEG response to viewing fractal patterns. *Perception*, 2008, 37(10), 1488–1494. doi: 10.1068/p5918

Hagerhall C.M., Purcell T., Taylor, R. Fractal dimension of landscape silhouette outlines as a predictor of landscape preference. *Journal of Environmental Psychology*, 2004, 24(2), 247–255. doi:10.1016/j.jenvp.2003.12.004

Joye Y. Fractal architecture could be good for you. *Nexus Network Journal*, 2007, 9(2), 311–320. doi:10.1007/s00004-007-0045-y

Joye Y. Some reflections on the relevance of fractals for art therapy. *The Arts in Psychotherapy*, 2006, 33(2), 143–147. doi:10.1016/j.aip.2005.11.001

Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. New York: Freeman, 1982. Рус. пер.: Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютер. исслед., 2002.

Mitina O.V., Abraham F.D. The use of fractals for the study of the psychology of perception: psychophysics and personality factors, a brief report. *International Journal of Modern Physics C*, 2003, 14(08), 1047–1060. doi:10.1142/S0129183103005182

Peitgen H.-O., Richter P. *The Beauty of fractals Heidelberg*: Springer-Verlag, 1986. Рус. пер.: Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. М.: Мир, 1986.

Pyankova S.D., Chertkova Yu.D., Scobeyeva V.A., Chertkova E.R. Influence of genetic factors on perception of self-similar objects. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 2019, vol. 64, 530–537. doi:10.15405/epsbs.2019.07.69 (in Press)

Salingaros N.A. Fractal art and architecture reduce physiological stress. *Journal of Biourbanism*, 2012, 2(2), 11–28.

Spehar B., Clifford C.W.G., Newell B.R., Taylor R.P. Universal aesthetic of fractals. *Computers and Graphics*, 2003, 27(5), 813–820. doi:10.1016/S0097-8493(03)00154-7

Spehar B., Wong S., van de Klundert, S., Lui J., Clifford C.W.G., Taylor R.P. Beauty and the beholder: the role of visual sensitivity in visual preference. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2015, 9(00514). doi:10.3389/fnhum.2015.00514

Sprott J.C. *Strange attractors: Creating patterns in chaos*. New York: M&T Books, 1993.

Street N., Forsythe A. M., Reilly R., Taylor R., Helmy M. S. A Complex story: Universal preference vs. individual differences shaping aesthetic response to fractals patterns. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2016, 10, 213. doi:10.3389/fnhum.2016.00213

Taylor R.P. Reduction of physiological stress using fractal art and architecture. *Leonardo*, 2006, 39(3), 245–251. doi:10.1162/leon.2006.39.3.245

Taylor R., Newell B., Spehar B., Clifford C. Fractals: A resonance between art and nature? *Symmetry: Art and Science*, 2001, Vol. 1, 194–197.

Taylor R.P., Spehar B., Van Donkelaar P., Hagerhall C.M. Perceptual and physiological responses to Jackson Pollock's fractals. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2011, 5, Article 60. doi:10.3389/fnhum.2011.00060.

Taylor R.P., Spehar B., Wise J.A., Clifford C.W., Newell B.R., Hagerhall C.M., Purcell T., Martin T.P. Perceptual and physiological responses to the visual complexity of fractal patterns. *Nonlinear dynamics, psychology, and life sciences*, 2005, 9(1), 89–114. PMID: 15629069.

Taylor R.P., Sprott J.C. Biophilic fractals and the visual journey of organic screen-savers. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 2008, 12(1), 117–129. PMID: 18157930

Zueva M.V. Fractality of sensations and the brain health: the theory linking neurodegenerative disorder with distortion of spatial and temporal scale-invariance and fractal complexity of the visible world. *Frontiers in aging neuroscience*, 2015, vol. 7, 135. doi: 10.3389/fnagi.2015.00135

Поступила в редакцию 9 сентября 2018 г. Дата публикации: 28 февраля 2019 г.

[Сведения об авторе](#)

Пьянкова Светлана Дмитриевна. Кандидат психологических наук, доцент, кафедра психогенетики, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, ул. Моховая, д. 11, стр. 9, 125009 Москва, Россия.
E-mail: spyank@mail.ru

[Ссылка для цитирования](#)

Стиль psystudy.ru

Пьянкова С.Д. Субъективные оценки визуальной сложности и эстетической привлекательности фрактальных изображений: индивидуальные различия и генетические влияния. Психологические исследования, 2019, 12(63), 12. <http://psystudy.ru>

Стиль ГОСТ

Пьянкова С.Д. Субъективные оценки визуальной сложности и эстетической привлекательности фрактальных изображений: индивидуальные различия и генетические влияния // Психологические исследования. 2019. Т. 12, № 63. С. 12. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: чч.мм.гггг).

[Описание соответствует ГОСТ Р 7.0.5-2008 "Библиографическая ссылка". Дата обращения в формате "число-месяц-год = чч.мм.гггг" – дата, когда читатель обращался к документу и он был доступен.]

Адрес статьи: <http://psystudy.ru/index.php/num/2019v12n63/1678-pyankova63.html>

[К началу страницы >>](#)