

Анализ языков программирования, используемых при визуализации фрактальных 3D структур

Шахзода Тохир қизи Шоназарова
shaxzo.96@gmail.com

Ташкентский университет информационных технологий

Аннотация: В статье представлен анализ языков программирования, используемых при визуализации трехмерных фрактальных структур и основных понятий фрактальной архитектуры. В процессе параметрического и фрактального проектирования учитываются идеи фрактального построения конструкции. Предложен алгоритм преобразования фракталов в геометрические фигуры, реализованный в разработанной авторами программе «Трехмерное моделирование фракталов». Сложная фрактальная структура трехмерного фрактала Мандельброта исследуется слой за слоем и сравнивается с буддийскими мандалами и архитектурой пагод.

Ключевые слова: фрактал, фрактальная геометрия, множество Мандельброта, пространственный фрактал, 3D моделирование фрактала, фрактальная структура, формообразование.

Analysis of programming languages used in the visualization of fractal 3D structures

Shahzoda Tokhir qizi Shonazarova
shaxzo.96@gmail.com

Tashkent University of Information Technologies

Abstract: The article presents an analysis of programming languages used in the visualization of three-dimensional fractal structures and the basic concepts of fractal architecture. In the process of parametric and fractal design, the ideas of fractal design construction are taken into account. An algorithm for converting fractals into geometric shapes is proposed, which is implemented in the program “Three-dimensional modeling of fractals” developed by the authors. The complex fractal structure of the 3D Mandelbrot fractal is explored layer by layer and compared to Buddhist mandalas and pagoda architecture.

Keywords: fractal, fractal geometry, Mandelbrot set, spatial fractal, 3D fractal modeling, fractal structure, shaping.

Фрактальная геометрия Мандельброта [1] изучает негладкие, шершавые, изъеденные порами и трещинами объекты. Геометрия природных образований в подавляющем большинстве является именно такой, неправильной и искаженной [2, 3]. Фракталы - это структуры, обладающие двумя важными свойствами - изломанностью и самоподобием. Фрактал является итоговым результатом бесконечной итерационной процедуры, он бесконечен в развитии.

Полагая, что всякая плоская фигура является ортогональной проекцией некоторого объекта, находящегося в пространстве, можно говорить о существовании объемных фрактальных фигур [4].

Оболочка Мандельброта - трёхмерный фрактал, аналог множества Мандельброта, созданный Д.Уайтом и П.Ниландером с использованием гиперкомплексной алгебры, основанной на сферических координатах. Идеализированное трехмерное множество Мандельброта можно считать иерархией сфер, в то время как двумерное изображение множества Мандельброта напоминает иерархию кругов.

Идея фрактального формообразования лежит в основе фрактальной архитектуры. Появление фракталоподобных форм обязано интуиции, таланту и чувству гармонии архитекторов. Эйфелева башня построена с использованием лишь одного типа металлического стержня, который применяется в различных размерах по всей башне для минимизации веса всей конструкции. Такое исполнение можно назвать одним из первых способов сознательной реализации фрактальной геометрии в структуре сооружения.

Моделирование фрактальных структур может осуществляться путем параметризации. Работая в параметрических средах, архитектор не видит конечный объект, он рассматривает лишь алгоритм его создания [5]. Основным отличием параметрической архитектуры от прочих является попытка свести вместе в сложной и необычной пространственной структуре динамику природных форм и практически полное отсутствие линейных объектов и симметрии.

Основным различием параметрического и фрактального подходов является результат проектирования. Фрактальная архитектура фиксирует модификацию компьютерных параметров в рамках самоподобных природных структур или среды их формообразования.

Считается, что любое архитектурное пространство представляет собой систему, постоянно изменяющуюся от какого-либо внешнего или внутреннего воздействия, что говорит о схожести с поведением живого организма. Методологию проектирования сложных открытых систем, которые способны к самоорганизации, называют синергетикой. Синергетика является поставщиком модельных аналогий, которые, попадая в зону специализации какой-либо

науки, из неё формируют своё содержание.

В любой сложной высокоорганизованной системе существуют различные подсистемы, для которых одним из принципов является принцип изоморфной организации, т.е. все функциональные подсистемы различного уровня имеют одинаковую архитектуру [6, 7]. Этот принцип полностью согласуется с общеприродным законом единства в многообразии Ф.Хатчерсона и отражает фрактальность природных образований. Произвольные системы существуют и не разрушаются при условии применения определенных нормативных параметров, изменение которых допустимо в известных пределах.

Фрактальная геометрия, нелинейная динамика, неокосмология и теория самоорганизации входят в состав наук о сложных системах. От рассмотрения вселенной с механической точки зрения идет движение к пониманию того, что на всех уровнях во вселенной господствует принцип самоорганизации.

Новая парадигма формообразования может первоначально отпугивать и вызывать подозрения в поверхностном мышлении. Архитектура в таком случае варьируется от неуклюжих капель и рваных фракталов до элегантных волнообразных форм. Появление таких архитектурных объектов основано на схожести с постоянно самообновляющимися, самоорганизующимися формами живой природы. При пристальном рассмотрении таких форм можно говорить о том, что они более интересны и адекватны нашему восприятию мира, чем бесконечные колоннады, массивность несущих конструкций, грубые коробчатые формы зданий. Декорирование фасадов зданий разного рода отделочными технологиями, модернистические стеклянные фасады создают иллюзию новой архитектурной формы, что является имитацией парадигмы формообразования, а не её применением.

Ч.Дженкс [8] подчеркивает важность фрактального формообразования в архитектуре. Большинство современных архитекторов, базируясь на органическом формообразовании, придумывают и используют одинаковые элементы, которые являются скорее самоидентифицируемыми нежели самоподобными. В итоге, связывающая постройку воедино закономерность оказывается не фрактальной, а всего лишь линейно-репетитивной.

Фракталами округло-гидродинамических очертаний являются капли или пузыри. Представителем этого направления является Грег Линн, который в своих работах говорит о том, что капля - более развитая форма куба, способная транслировать информации намного больше, нежели обычная коробчатая структура. При большом порядке сложности каплеобразная форма обладает и большей потенциальной чувствительностью.

Сформулируем основные положения и особенности парадигмы фрактальных структур. Сложная фрактальная структура выражается в

алгоритмах или наборах математических процедур, применяя принципы параметрического моделирования и фиксируя модификацию компьютерных параметров в рамках самоподобных природных структур. Система моделирования содержит в себе универсальные и гибкие концепции структуризации и формализации моделируемых динамических процессов. Применяются объектно-ориентированные специализированные языки программирования, поддерживающие авторское моделирование и процедуры управления процессом моделирования.

Новая парадигма заключается в возможности использования стандартной методологии, которая включает фрактальные элементы в создании новых структур, а не заимствование фрактальных идей и бессистемное добавление элементов.

Для моделирования и исследования фрактального множества авторами создана программа для ЭВМ «3D моделирование фрактала», разработанная на языке C# в среде Visual Studio 2013 [9-11].

Программа осуществляет генерацию точек пространства, принадлежащего трехмерному фракталу Мандельброта. Результатом вычислений являются наборы точек, которые образуют слои фрактального множества. Реализация генератора точек выполнена в среде вычислительного комплекса CСАД, интегрированной системе прочностного анализа и проектирования конструкций [12].

Моделирование фрактального множества рассмотрено на примере трехмерного аналога множества Мандельброта восьмой мощности. За исходные данные принята первая итерация фрактала, который состоит из семи слоев. Первый слой - шарообразная поверхность радиуса 0.15, состоящая точек, расположенных равномерно на нескольких уровнях.

С увеличением номера слоя и радиуса соответственно накапливается форма структуры. Отдельные слои образуют поверхности с хаотичным распределением точек, которые движутся в направлении некоторого внешнего аттрактора. Каждый последующий слой можно считать этапом эволюции фрактала: от сферы до бесконечно развивающейся, самоподобной сложной фрактальной объемной структуры. При значении радиуса слоя больше 0.6, образуемая поверхность становится все менее шарообразной и более сложной.

Седьмой слой фрактального множества в проекции на плоскость XOY можно сравнить с мандалами, сакральными схематическими изображениями, используемыми в буддийских и индуистских учениях (рис.1). В соответствии с буддистской философией, и наше окружение, и наше тело, и наше сознание являются своего рода мандалами. Можно представить себе мандалу города, всего человеческого рода или вселенной. Каждый человек стоит в центре своей

личной мандалы друзей, родных, коллег и всех, с кем ему когда-либо приходилось общаться. В то же время каждый из нас входит в состав других бесчисленных структур взаимодействия, в которых между центром и периферией происходит непрерывный обмен информацией и энергией. Мандалный фрактал является геометрическим символом сложной структуры, которая интерпретируется как модель вселенной или карты космоса.

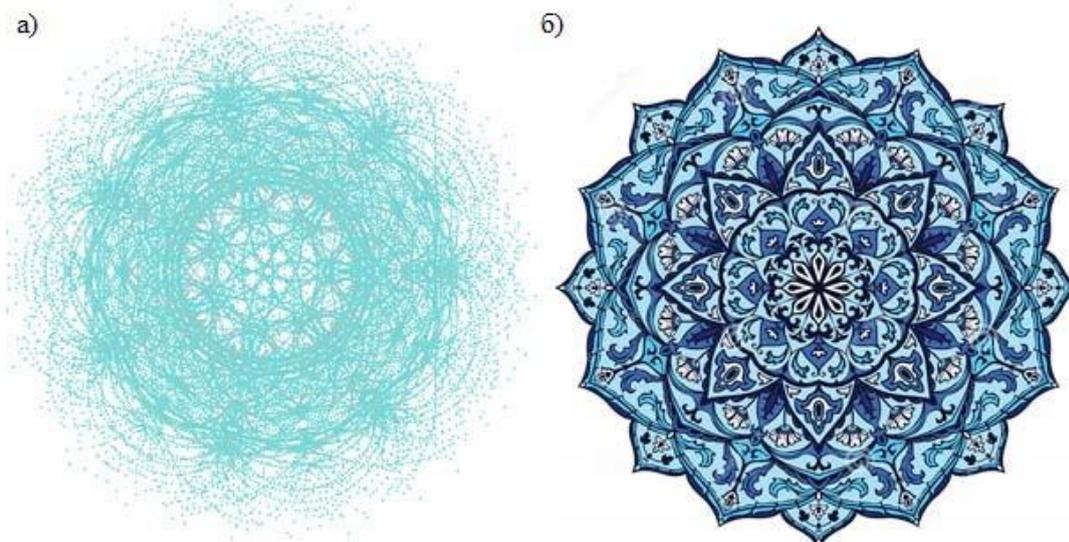


Рис. 1 - Аналогия фрактальной структуры с мандалами: а) проекция седьмого слоя фрактального множества на плоскость XOY ; б) мандала

При рассмотрении полученных структур в проекции на плоскость YOZ можно говорить о схожести формы с пагодой, которую называют башней сокровищ (рис.2).

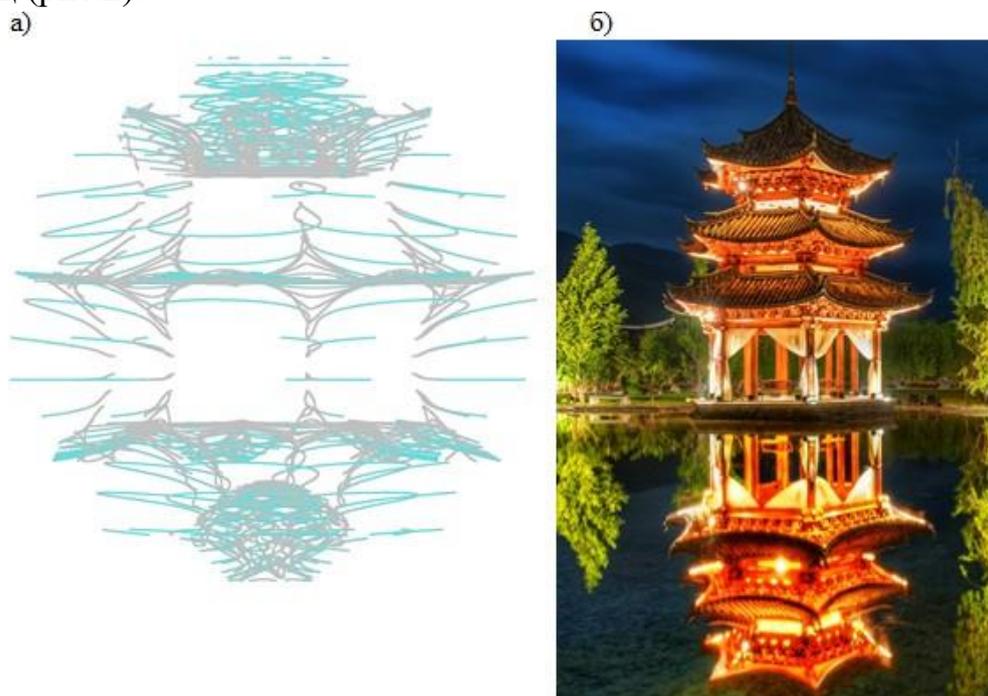


Рис. 2 - Подобие фрактальной структуры и формы пагоды: а) проекция пятого слоя фрактального множества на плоскость YOZ ; б) пагода

Сама форма пагоды является олицетворением глубокого философского принципа - принципа цикличности, отражающегося в архитектуре, поэзии, искусстве. В такого рода архитектуре можно говорить о применении интуитивной фрактальности в процессе формообразования.

Каждый последующий слой значительно отличается от предыдущего, образуя свою собственную уникальную структуру, множество продолжает подчиняться фрактальному принципу. При анализе множества видно, что, например, шестой слой значительно отличается от седьмого, точки множества располагаются более компактно, образуя «скелет» фрактала, который можно использовать как внутреннюю часть оболочек предыдущих слоев (рис.3).

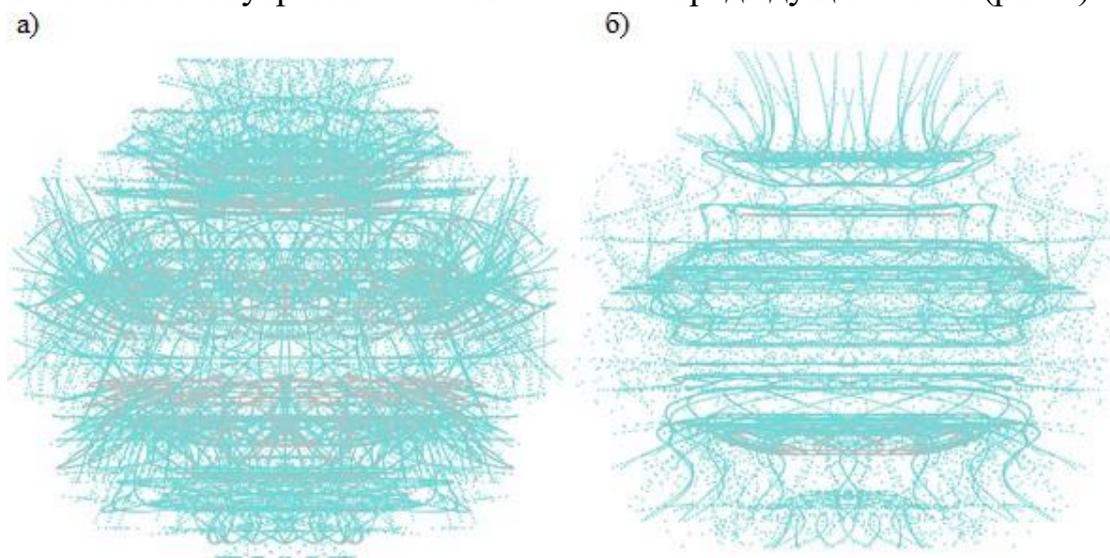


Рис. 3 - Проекция фрактального множества на плоскость YOZ: а) шестой слой; б) седьмой слой

Исследование множества Мандельброта с использованием алгоритмического моделирования подтверждает возможность применения парадигмы фрактальных структур в процессе формообразования.

Разработана инновационная концепция фрактальных структур, возможно применение принципов адаптивной эволюции самоорганизующихся структур.

Использованная литература

1. Манделброт, Б.В. Тхе Фрастал Геометри оф Натуре. Сан Франсиссо: 1982. 462 п.
2. Волошин А.В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства. В кн.: Синергетическая парадигма. Прогресс-Традиция, 2002. 495 с.
3. Х.-О. Пеитген, П. Х. Ричтер. Тхе беаутй оф фрасталс. Спрингер-Верлаг: Хеиделберг, 1986. 184 п.
4. Ткач Д. И., Нифанин А. Б. От хаоса к порядку / ЛАП Ламберт Асадемис Публисхинг, 2014. 104 с.
5. Кравченко Г.М., Васильев С.Э., Пуданова Л.И., Параметрическая

архитектура// Концепции устойчивого развития науки в современных условиях: Сборник статей Международной научно-практической конференции (28 июня 2017 г., г. Екатеринбург) / В 2ч. Ч. 2. – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2017. – С. 264 - 267.

6. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление центра тяжести плоской ограниченной фигуры с помощью двойного интеграла. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 64-71.

7. Усмонов, М.Т. (2021). Биномиальное распределение вероятностей. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 81-85.

8. Усмонов, М.Т. (2021). Поток векторного поля. Поток через замкнутую поверхность. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 52-63.

9. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление определенного интеграла по формуле трапеций и методом Симпсона. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 213-225.

10. Усмонов, М.Т. (2021). Метод касательных. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 25-34.

11. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление предела функции с помощью ряда. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 92-96.

12. Усмонов, М.Т. (2021). Примеры решений произвольных тройных интегралов. Физические приложения тройного интеграла. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 39-51.

13. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление двойного интеграла в полярной системе координат. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 97-108.

14. Усмонов, М.Т. (2021). Криволинейный интеграл по замкнутому контуру. Формула Грина. Работа векторного поля. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 72-80.

15. Усмонов, М.Т. (2021). Правило Крамера. Метод обратной матрицы. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 249-255.

16. Усмонов, М.Т. (2021). Теоремы сложения и умножения вероятностей. Зависимые и независимые события. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 202-212.

17. Усмонов, М.Т. (2021). Распределение и формула Пуассона. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 86-91.

18. Усмонов, М.Т. (2021). Геометрическое распределение вероятностей. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 18-24.

19. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление площади поверхности вращения. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 97-104.

20. Усмонов, М.Т. (2021). Нахождение обратной матрицы. «Science and Education» Scientific Journal, Том-2, 123-130.

21. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление двойного интеграла. Примеры решений. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 192-201.
22. Усмонов, М.Т. (2021). Метод прямоугольников. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 105-112.
23. Усмонов, М.Т. (2021). Как вычислить длину дуги кривой?. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 86-96.
24. Усмонов, М.Т. (2021). Вычисление площади фигуры в полярных координатах с помощью интеграла. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 77-85.
25. Усмонов, М.Т. (2021). Повторные пределы. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 35-43.
26. Усмонов, М.Т. (2021). Дифференциальные уравнения второго порядка и высших порядков. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 113-122.
27. Усмонов, М.Т. (2021). Пределы функций. Примеры решений. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 139-150.
28. Усмонов, М.Т. (2021). Метод наименьших квадратов. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 54-65.
29. Усмонов, М.Т. (2021). Непрерывность функции двух переменных. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 44-53.
30. Усмонов, М.Т. (2021). Интегрирование корней (иррациональных функций). Примеры решений. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 239-248.
31. Усмонов, М.Т. (2021). Криволинейные интегралы. Понятие и примеры решений. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 26-38.
32. Усмонов, М.Т. (2021). Гипергеометрическое распределение вероятностей. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 19-25.
33. Усмонов, М.Т. (2021). Абсолютная и условная сходимость несобственного интеграла. Признак Дирихле. Признак Абеля. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 66-76.
34. Усмонов, М.Т. (2021). Решение систем линейных уравнений. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 131-138.
35. Usmonov, M.T. (2021). Matritsalar va ular ustida amallar. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 226-238.
36. Usmonov, M.T. (2021). Teskari matritsa. Teskari matritsani hisoblash usullari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 292-302.
37. Usmonov, M.T. (2021). Bir jinsli chiziqli algebraik tenglamalar sistemasi. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 323-331.

38. Usmonov, M.T. (2021). Chiziqli fazo. Yevklid fazosi. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 121-132.
39. Usmonov, M.T. (2021). Vektorlarning skalyar ko 'paytmasi. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 183-191.
40. Usmonov, M.T. (2021). Xos vektorlari bazis tashkil qiluvchi chiziqli operatorlar. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 146-152.
41. Usmonov, M.T. (2021). Chiziqli algebraik tenglamalar sistemasi va ularni echish usullari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 303-311.
42. Usmonov, M.T. (2021). Vektorlar. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 173-182.
43. Usmonov, M.T. (2021). Kvadratik forma va uni kanonik korinishga keltirish. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 153-172.
44. Usmonov, M.T. (2021). Arifmetik vektor fazo va unga misollar. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 109-120.
45. Usmonov, M.T. (2021). Chiziqli operatorlar va ularning xossalari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 133-145.
46. Usmonov, M.T. (2021). Determinantlar nazariyasi. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 256-270.
47. Usmonov, M.T. (2021). Matritsa rangi. Matritsa rangini hisoblash usullari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 280-291.
48. Usmonov, M.T. (2021). Autentification, authorization and administration. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 233-242.
49. Usmonov, M.T. (2021). Vektorlar nazariyasi elementlari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 332-339.
50. Usmonov, M.T. (2021). EHTIMOLLAR NAZARIYASI. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-1, 10-15.
51. Usmonov, M.T. (2021). Chiziqli algebraik tenglamalar sistemasi va ularni echish usullari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 333-311.
52. Usmonov, M.T. (2021). Bir jinsli chiziqli algebraik tenglamalar sistemasi. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-21, 323-331.
53. Usmonov, M.T. (2021). Vektorlar nazariyasi elementlari. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 332-339.
54. Usmonov, M.T. (2021). Chiziqli fazo. Yevklid fazosi. «Science and Education» Scientific Journal, Tom-2, 121-132.
55. Usmonov M. T. & Qodirov F. E, BIR JINSLI VA BIR JINSLIGA OLIB KELINADIGAN DIFFERENSIAL TENGLAMALAR. AMALIY MASALALARGA TADBIQI (KO'ZGU MASALASI) , BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI: Vol. 2 No. 1 (2022): БАРҚАРОРЛИК ВА ЕТАКЧИ ТАДҚИҚОТЛАР ОНЛАЙН ИЛМИЙ ЖУРНАЛИ

56. Usmonov Maxsud Tulqin o'g'li, Sayifov Botirali Zokir o'g'li, Negmatova Nilufar Ergash qizi, Qodirov Farrux Ergash o'g'li, BIRINCHI VA IKKINCHI TARTIBLI HUSUSIY HOSILALAR. TO'LA DIFFERENSIAL. TAQRIBIY HISOBLASH , BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI: 2022: SPECIAL ISSUE: ZAMONAVIY UZLUKSIZ TA'LIM SIFATINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI

57. Usmonov Maxsud Tulqin o'g'li, Sayifov Botirali Zokir o'g'li, Negmatova Nilufar Ergash qizi, Qodirov Farrux Ergash o'g'li, IKKI ARGUMENTLI FUNKSIYANING ANIQLANISH SOHASI, GRAFIGI, LIMITI VA UZLUKSIZLIGI , BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI: 2022: SPECIAL ISSUE: ZAMONAVIY UZLUKSIZ TA'LIM SIFATINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI

58. Usmonov Maxsud Tulqin o'g'li. (2022). FURYE QATORI. FUNKSIYALARNI FURYE QATORIGA YOYISH. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6055125>

59. Usmonov. M. T. ., & Qodirov. F. E. . (2022). DARAJALI QATORLAR. DARAJALI QATORLARNING YAQINLASHISH RADIUSI VA SOHASI. TEYLOR FORMULASI VA QATORI. IJTIMOY FANLARDA INNOVASIYA ONLAYN ILMIY JURNALI, 8–20. Retrieved from <http://www.sciencebox.uz/index.php/jis/article/view/1151>

60. Usmonov. M. T. ., & Qodirov. F. E.. (2022). FURE QATORI VA UNING TADBIQLARI. IJTIMOY FANLARDA INNOVASIYA ONLAYN ILMIY JURNALI, 21–33. Retrieved from <http://www.sciencebox.uz/index.php/jis/article/view/1152>

61. M.T Usmonov, M.A Turdiyeva, Y.Q Shoniyozova, (2021). SAMPLE POWER. SELECTION METHODS (SAMPLE ORGANIZATION METHODS). ООО НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА , 59-60.

62. Усмонов,М.Т, М.А.Турдиева (2021). ГЛАВА 9. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СОВРЕМЕННОЙ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ. РИСКИ И ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЕ. ББК 60 С69, Ст-99.

63. Усмонов,М.Т, J.M.Saipnazarov, K.B. Ablaqulov (2021) SOLUTION OF MATHEMATICAL PROBLEMS IN LOWER CLASSES. Книга: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, 167-177.

64. Усмонов М.Т. (2022). E-LEARNING И ЕГО РОЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ. : Special Issue_Та'limni modernizatsiyalash jarayonlari muammolar va echimlar». 168-171.

65. Usmonov. M. T. ., & Qodirov. F. E.. (2022). STOKS FORMULASI. SIRT INTEGRALLARI TADBIQLARI. IJTIMOY FANLARDA INNOVASIYA

ONLAYN ILMIY JURNALI, 34–45. Retrieved from <https://sciencebox.uz/index.php/jis/article/view/1153>

66. Usmonov M. T. The Concept of Compatibility, Actions on Compatibility. International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR), Vol. 5 Issue 1, January - 2021, Pages: 10-13.

67. Usmonov M. T. The Concept of Number. The Establishment of the Concept of Natural Number and Zero. International Journal of Academic Information Systems Research (IAISR), Vol. 4 Issue 12, December - 2020, Pages: 7-9.