

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

НАРЗУЛЛОЕВ ОЙБЕК МИРЗАЕВИЧ

ФРАКТАЛ ТУЗИЛИШЛИ ОБЪЕКТЛАРНИ АНАЛИТИК УСУЛЛАР
ЁРДАМИДА ГЕОМЕТРИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

05.01.01- Мухандислик геометрияси ва компьютер графикаси. Аудио ва
видеотехнологиялар

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
Диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Нарзуллоев Ойбек Мирзаевич

Фрактал тузилиши объектлари аналитик усуллар ёрдамида
геометрик моделлаштириш.....3

Нарзуллоев Ойбек Мирзаевич

Геометрическое моделирование объектов фрактальной структуры
с помощью аналитических методов.....21

Narzulloev Oybek Mirzayevich

Geometric modeling of fractal structure objects using analytical
methods.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....42

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

НАРЗУЛЛОЕВ ОЙБЕК МИРЗАЕВИЧ

ФРАКТАЛ ТУЗИЛИШЛИ ОБЪЕКТЛАРНИ АНАЛИТИК УСУЛЛАР
ЁРДАМИДА ГЕОМЕТРИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

05.01.01- Мухандислик геометрияси ва компьютер графикаси. Аудио ва
видеотехнологиялар

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/Г1933. рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифасида (www.tuit.uz) ва «Ziynet» ахборот-таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Нуралиев Фахриддин Муродиллаевич
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Джуманов Жамолжон Худайкулович
техника фанлари доктори, профессор

Муҳиддинов Муҳриддин Нуриддин ўғли
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Етакчи ташкилот:

Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.13/30.12.2019.T.07.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 24 август соат 12⁰⁰ даги мажлисида ZOOM платформаси орқали **on-line** шаклда бўлиб ўтади. **Zoом идентификатори: 330 044 4963; Код: 1.** (Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (222 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил «12» «август» куни тарқатилди.
(2021 йил «11» «август» даги 4 рақамли реестр баённомаси).



И.Х. Сиддиков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Х.Э. Хужаматов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD), доцент

Х.Н. Зайнидинов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда фракталлар назариясининг математик жиҳатларини тадқиқи, шунингдек, табиий жараёнлар ва ҳодисаларни фракталлар назарияси ёғларидан фойдаланиб тавсифлаш усуллари алоҳида эътибор берилмоқда. Айниқса фракталнинг тенгламаларини қуришда фракталлар назарияси, компьютер графикаси усуллари ва тизимларидан кенг фойдаланилмоқда. Шунинг билан бирга фрактал тузилишли объектларни геометрик моделлари ва алгоритмларини, ҳамда уларни амалга ошириш усуллари ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Мазкур соҳада ривожланган хорижий мамлакатларда, шу жумладан, АҚШ, Франция, Германия, Италия, Россия Федерацияси, Хитой, Япония, Эрон, Жанубий Корея ва бошқа давлатларда фрактал геометрик шакллардан шаҳарсозлик, енгил саноат дизайнида фойдаланиш технологияларни ривожлантиришнинг назарий ҳамда амалий масалаларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда фрактал геометрик шаклларни текстура ва дизайн соҳасида қўллаш технологияларини ишлаб чиқиш, ривожлантириш муҳим масалалардан бири бўлиб қолмоқда. Жумладан, табиатнинг фрактал геометриясига хизмат қилувчи жараёнларни ўрганишга қизиқиш физикада, математикада, компьютер графикасида, енгил саноатда, электроникада, радиотехникада, астрофизикада, биологияда, материалшуносликда, тиббиётда ва бошқа фанларда янги илмий йўналишларни пайдо бўлишига олиб келди. Маълумки анъанавий нақш дизайнини ишлаб чиқиш асосан қўлда амалга оширилади, жумладан қўлда чизиш етарлича мураккаб ёки имконсиз бўлган фрактал нақшлар компьютер графикаси технологияларидан фойдаланиб чизилади.

Республикамизда енгил саноатнинг тўқимачилик, тикув-трикотаж, чарм-поябзал ва мўйначилик тармоқларини ривожлантириш, ишлаб чиқиладиган тайёр маҳсулотларнинг турлари ва ассортиментини кенгайтириш, шунингдек, тармоқ корхоналарининг инвестиция ва экспорт фаолиятини ҳар томонлама қўллаб қувватлаш ҳамда рақамли технологияларни қўллаш бўйича комплекс чора тadbирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан янгилаш, ... замонавий ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, тўқимачилик соҳасида ишлаб чиқариладиган маҳсулотларни харидорбоблигини ошириш учун замонавий ахборот технологиялари асосида гиламлар учун замонавий дизайндаги лойиҳаларининг математик таъминотини ва дастурий воситасини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

¹ «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги 2017 йил 7 февралдаги ПФ–4947-сон Фармони, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 16 сентябрдаги ПҚ–4453-сон «Енгил саноатни янада ривожлантириш ва тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни рағбатлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 7 майдаги ПҚ-4708-сон «Математика соҳасидаги таълим сифатини ошириш ва илмий-тадқиқотларни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2020 йил 6 октябрдаги ПҚ-4851-сон «Ахборот технологиялари соҳасида таълим тизимини янада такомиллаштириш, илмий тадқиқотларни ривожлантириш ва уларни ИТ-индустрия билан интеграция қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу иш муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида геометрик моделлаштириш муаммоларига қатор монографиялар ва журналларнинг мақолалари бағишланган. Б.Б.Мандельброт, Г.М.Жулия, А.С.Пикковер, Г.О.Пейтген, Р.П.Тайлор, Б.Ф.Нейлор, Ч.Бандт, К.Д.Фальконер, Ж.Баиш, Ю.С.Семерич, А.Д.Морозов, Э.И.Могилевский, Э.К.Ҳоссеин, М.М.Таҳа, А.А.Потапов ва бошқалар фрактал геометриянинг соҳасини кенгайтиришга ҳаракат қиладилар, шу жумладан бутун дунёда уларни амалий қўллашга, радиотехника ва радиолокация соҳасида, бозордаги қимматли қоғозларни нархларини башорат қилишдан тортиб назарий физиканинг янги кашфиётларини бажаришгача қўллаган.

Республикамизда фракталлар назариясини ривожлантириш бўйича Б.А.Бондаренко, Ш.А.Назирова, В.В.Карачик, Ф.М.Нуралиев, Ш.А.Анарова ва бошқаларнинг илмий ишлари диққатга сазовор. Академик Б.А.Бондаренко арифметик хусусиятли биномиал базис кўпҳадлар назариясига асосан умумлашган Паскаль учбурчаклари, Паскаль пирамидаларини ва уларнинг фракталлари тенгламаларини қуришда ўз хиссасини қўшган. Профессор Ш.А.Назирова R-функция усулидан (RFM) фойдаланиб мураккаб тузилишдаги классик геометрик фракталларнинг тенгламаларини ва рекурсив алгоритмларини ишлаб чиққан, жумладан бир неча мураккаб фракталларнинг тенгламалари R-функция усули ва аналитик усулда ишлаб чиқилган ҳамда рекурсив алгоритмлари яратилган бўлиб, булар: Кантор тўплами, Госпер эгри чизиғи, дарахт кўринишидаги фракталлар ва бошқалар кирди.

Мазкур соҳадаги тадқиқотларнинг ўрганилганлиги шуни кўрсатадики, ҳозирги вақтда фракталларни куришда L-тизимлар, итерацион функциялар тизими (IFS) усуллардан кенг фойдаланилади. Бироқ, фрактал тузилишли объектларни геометрик моделлаштиришда, хусусан R-функциялар усули, арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усулларини қўллаб Паскаль учбурчаги асосидаги алгебраик тузилишли ҳамда геометрик алмаштиришлар ёрдамида мураккаб фрактал тузилишга эга объектларни геометрик моделлаштириш етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети илмий – тадқиқот ишлар режасининг №ФЗ-2019081212 «Ўзбек миллий нақшларида мураккаб фрактал тузилишларни баён этишни геометрик моделлаштириш технологиясини ишлаб чиқариш» (2020-2021) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади фрактал тузилишли объектларни геометрик алмаштиришлар ҳамда аналитик R-функция (RFM) ва арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усуллари орқали геометрик моделлаштиришнинг усул ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

фрактал тузилишли икки ўлчовли геометрик объектларни визуаллаштириш усуллари ва уларни қўлланиш соҳалари бўйича қиёсий таҳлилни амалга ошириш;

аналитик конструкциявий R-функция усулини (RFM) қўллаган ҳолда фрактал тузилишдаги объектларни геометрик моделлаштириш усули ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

Паскаль учбурчаги асосидаги алгебраик тузилмалар ва туб сонлар назариясини ҳисобга олган ҳолда фрактал кўринишдаги тасвирларни визуаллаштириш усули ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

компьютер графикасининг геометрик алмаштиришлари асосида фрактал тузилишли объектларни дискрет геометрик моделлаштириш усули ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида визуаллаштиришни автоматлаштириувчи дастурий воситанинг схематик тузилмасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида нақшлар дизайнидаги мураккаб фрактал тузилишли объектлар қаралган.

Тадқиқотнинг предмети гилам рангли дизайни учун геометрик моделлар, рекурсив алгоритмлар, R-функция усули, арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усули ва замонавий компьютерларда тажрибалар ўтказиш учун дастурий воситадан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Фракталлар назарияси, R-функция усули (RFM), арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усули, комбинаторика усуллари, компьютер графикасининг геометрик алмаштиришлари, олинган натижаларни қиёсий таҳлиллаш ва

компьютерларда ахборотларни қайта ишлаш усулларидан ҳамда дастурлаш технологиялардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

аналитик конструкциявий R-функция усулида (RFM) фрактал тузилишли объектларни геометрик модели ва алгоритми ишлаб чиқилган;

Паскаль учбурчакли тузилмалар ва туб сонли фрактал кўринишдаги тасвирларни визуаллаштириш усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

фрактал тузилишли объектларнинг компьютер графикасининг кўчувчи, бурувчи, масштабловчи ва акслантирувчи геометрик алмаштиришли дискрет геометрик моделлаштириш усули ва алгоритми яратилган;

фрактал тузилишли объектларнинг аналитик усулда визуаллаштиришни автоматлаштирувчи дастурий воситани схематик тузилмаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ва геометрик алмаштиришлар ёрдамида геометрик моделлари ишлаб чиқилган;

R-функция усули ва арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назариясига асосан фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида геометрик моделлаштириш учун рекурсив алгоритмлар ишлаб чиқилган;

фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида дискрет геометрик моделлаштириш учун дастурий восита ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги Тадқиқот натижаларининг ишончилиги фрактал тузилишли объектларни R-функция усули, арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усули, аналитик геометрия ва компьютер графикаси қоидаларига мослиги, таклиф этилган алгоритмларни ишлаб чиқишда фрактал тузилишли объектларни аналитик усулларда геометрик моделлаштиришнинг математик аппаратининг тўғри қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти фрактал тузилишли объектларни аналитик-конструктив ва комбинатор усуллар ҳамда компьютер графикасининг геометрик алмаштиришлари асосида геометрик моделлаштиришнинг назарий асосларининг истиқболли ривожланишига R-функция ва биномиал кўпхадлар усуллари ва алгоритмлари яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти фракталларнинг тузилишига боғлиқ масалаларни ҳал этиш жараёнларини автоматлаштириш имконини берувчи дастурий воситаларни фракталларни яратиш ва ишлаб чиқаришнинг гилам нақшлари дизайнини лойиҳалаш соҳаларига жорий қилишга қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Диссертация доирасида фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида геометрик моделлаштириш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган алгоритмлар ва яратилган дастурий восита асосида:

аналитик конструкциявий R-функция усули (RFM) Паскаль учбурчакли тузилмалар ҳамда туб сонлар асосида ишлаб чиқилган дастурий восита

«SAMARQAND PRODUCTS» МЧЖга жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 27 апрелдаги 33-8/2962-сон маълумотномаси). Натижада миллий гиламларнинг нақш шаклларини ишлаб чиқишда, уларнинг дизайнини лойиҳалашда фрактал кўринишдаги замонавий нақш шакллантиришни автоматлаштириш ва ишлаб чиқаришни 10% - 15% га ошириш ва меҳнат ҳажмини камайтириш имконини берган;

компьютер графикасининг геометрик алмаштиришлари ёрдамида фрактал тузилишли тасвирларни геометрик моделлаштириш усуллари ва алгоритмлари асосида яратилган дастурий восита «BELKIS KARPET» МЧЖга жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 27 апрелдаги 33-8/2962-сон маълумотномаси). Натижада маҳсулотнинг сифатини ва харидор талабидаги нақш шаклининг рангини кенг қамровда ўзгартириш орқали маҳсулотга бозор талабини 1,1-1,2 мартага ошириш имконини берган;

Паскаль учбурчаги асосидаги алгебраик тузилмалар ва туб сонлар назариясини ҳисобга олган ҳолда фрактал кўринишдаги тасвирларни куриш алгоритмлари базасига эга бўлган дастурий восита «BRILLIANT CONCEPT» МЧЖга жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 27 апрелдаги 33-8/2962-сон маълумотномаси). Натижада бино ва иншоотларнинг жиҳозланиши ҳамда дизайнини безатишда фойдаланиладиган интерьер ва экстерьер безак шаклларини яратиш учун кетадиган вақтни ўртача 15% га қисқартириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, шулардан 4 та хорижий журналларда ва 3 та республика журналларда чоп этилган ҳамда 3 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациясининг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, урта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган,

уларнинг назарий ва амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларини амалда жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Фракталларни қуриш усулларининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш ва уларни қўллаш»** номли биринчи бобида, мавжуд усуллар изоҳланган ва таҳлил қилинган, шунингдек, муаммонинг долзарблиги аниқланган. Фрактал тузилишли объектларни қуриш усуллари бўйича хорижий давлатлар ва республикамизда олиб борилаётган илмий ва амалий тадқиқот ишлари атрофича таҳлил қилинган, ҳамда фракталлар назариясининг асосий тушунчалари, фракталларни қуриш усулларининг ҳозирги ҳолати, уларнинг қўллаш соҳалари ўрганилган, фракталларнинг ўзига хос хусусиятлари ҳамда фракталларга доир бўлган умумий тушунчалар баён этилган ва тадқиқот иши масаласининг қўйилиши келтирилган. Шунингдек, мазкур бобда геометрик фракталларнинг хусусиятлари, қуриш усулларининг ҳозирги ҳолати ва геометрик моделлаштириш усуллари тўлиқ баён қилинган. Фракталларни қуришнинг асосий усуллари: L-тизимлар ва итерацион функциялар тизими асосида фрактал шаклларни қуриш келтирилган.

Фракталларнинг турлари ва синфларга бўлинишларига асосан фракталларни қуриш усуллари таснифланган. Фракталларнинг фан ва техника соҳаларида жумладан, математикада, физикада, компьютер графикасида, енгил саноатда, электроникада, астрофизикада, биологияда, материалшуносликда, тиббиётда қўлланилиши ўрганилган, фрактал шаклларни маҳсулот дизайнида қўллаш бўйича аниқ ечимлар келтирилган.

Фрактал тузилишли объектларни аналитик усулларда қуриш усуллари тақлиф этилган бўлиб, улар асосида диссертация ишининг мақсад ва вазибалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **«Фрактал тузилишли мураккаб геометрик объектларни қуришнинг аналитик усулларини ишлаб чиқиш»** номли иккинчи боби фракталларни геометрик усулда, RFM усули ёрдамида, арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усулида ҳамда компьютер графикасининг кўчиш, буриш, масштаблаш ва акслантириш каби геометрик алмаштиришлар асосида қуришга бағишланган.

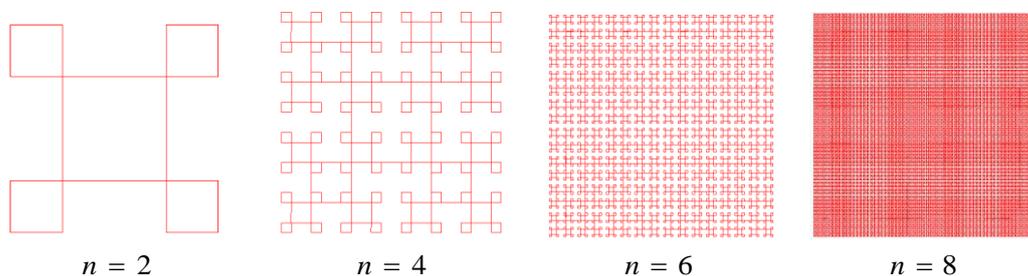
Математиканинг қисми ҳисобланган геометрик шакллар ва уларнинг асосий тушунчаларидан фойдаланган ҳолда янги кўринишидаги фракталларни қуриш учун геометрик моделлар ва рекурсив алгоритмлар ишлаб чиқилган. Тўғри тўртбурчаклардан иборат фракталларни қуришда асосан унинг учлари ва томонларига мурожаат қилинади.

Биринчи қадам: томонларининг узунликлари, учлардаги нуқталарининг координаталари аниқлаб олинади. Иккинчи қадам: томонлар узунликлари икки марта камайтиради ва тўртбурчак учларидан яна тўртта тўртбурчак чизилади. Биринчи кичик тўртбурчакни чизиш учун учларидаги нуқта координаталарини аниқлаб олиш керак; x ўқи бўйича $1/2$ марта камайтиради, сўнгра томонлар ўлчамлари ҳам икки мартадан камайтиради ва $A1(x1 - 1/2, y1 - h/2, x1, y1, 1/2, h/2)$ натижага эга бўлинади.

Иккинчи тўғри тўртбурчакни чизиш учун учларидаги нукта координаталарини аниқлаб олинади; x ўқи бўйича l га оширилади, y ўқи бўйича $h/2$ мартага камайтирилади; натижада томонлар ўлчамлари икки мартадан камайтирилади ва $B1(x1+1, y1+h/2, x2+l/2, y1, l/2, h/2)$ эга бўлинади. Учинчи кичик тўғри тўртбурчакни чизиш учун учларидаги нукта координаталари аниқлаб олинади; x ўқи бўйича $l/2$ га ва y ўқи бўйича $h/2$ мартага оширилади; сўнгра томонлар ўлчамларини ҳам икки мартадан камайтирилади ва $C1(x2, y2, x2+l/2, y2+h/2, l/2, h/2)$ эга бўлинади. Тўртинчи кичик тўғри тўртбурчакни чизиш учун учларидаги нукта координаталари аниқлаб олинади; x ўқи бўйича $l/2$ га камайтирилади. y ўқи бўйича h ва $3*h/2$ га оширилади; y ҳолда томонлар ўлчамларини ҳам икки мартадан камайтирилади ва $D1(x1-1/2, y1+h, x1, y1+3*h/2, l/2, h/2)$ эга бўлинади. Бу жараён n марта такрорланади, буни қуйидаги

$$1 + 4 + 16 + 64 + \dots + 4^{n-1} = \sum_{i=1}^n 4^{i-1}, \quad (1)$$

формула асосида ёзиш мумкин. Ҳар қадамдаги бурчаклар сонининг формуласи $4(n^2 - 1) + 4n$ ифода билан аниқланади (1-расм).



1-расм. n нинг турли қийматларида ҳосил қилинган фрактал шакллар

Фракталларни гилам, газлама, чинни ва керамик буюмларга нусхалаш (штамплаш) учун уларнинг тенгламасини ёзиш керак бўлади. R-функция (RFM) усулини қўллаган ҳолда фрактал кўринишдаги шакллар, яъни Кох эгри чизиги, Серпин учубурчаги ва Т-квадрат фрактал тенгламаси қурилган ва алгоритмлари ишлаб чиқилган.

R-функция назариясининг асосий маъноси мантиқий ва тўпламлар назарияси конструкцияларини мос келадиган реал қийматли функциялар билан ўзгартиришдан иборат.

R-функция усулининг тўлиқ тизими:

$$\begin{aligned} x \wedge_0 y &\equiv x + y - \sqrt{x^2 + y^2}; \\ x \vee_0 y &\equiv x + y + \sqrt{x^2 + y^2}; \\ \overline{x} &\equiv -x. \end{aligned}$$

RFM усули асосида Т-квадрат фрактални тенгламасини кураимиз. Биринчи квадратнинг тенгламаси қуйидаги

$$\omega_0(x, y) = a^2 - x^2 \wedge_0 b^2 - y^2 \geq 0, \quad a = b$$

кўринишда бўлади. Бунда a ва b квадратнинг томонлари. Қўшимча ифода $g\omega_k(x, y)$ ни киритамиз. $k = 0$ бўлганда асосий функция қуйидагича бўлади:

$$g\omega_0(x, y) = \omega_0(x, y),$$

$k = 1$ бўлганда $g\omega$ қуйидагига тенг бўлади.

$$g\omega_1(x, y) = g\omega_0(2x, 2y) \leq 0.$$

$k = 1$ учун дастлабки тенглама ёзиб олинади.

$$\omega_1(x, y) = g\omega_0(x, y) \wedge_0 g\omega_1(x, y) \geq 0.$$

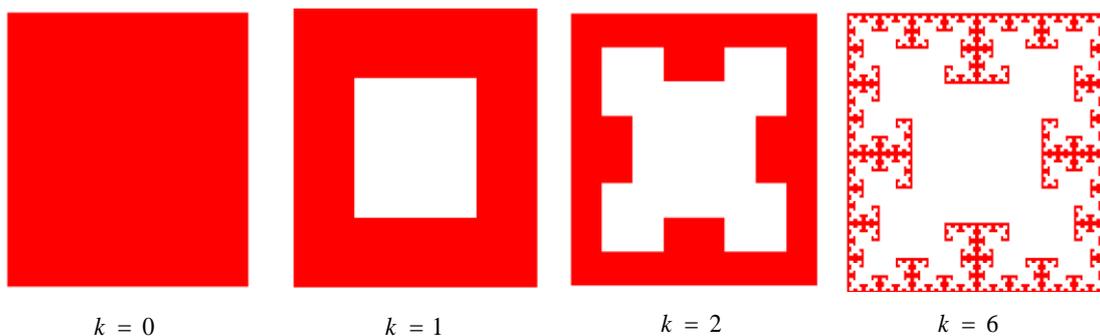
Энди қолган k ($k = 2, 3, 4, \dots$) учун $g\omega$ функцияни ифодалаш мумкин:

$$g\omega_k(x, y) = g\omega_{k-1}(2x - a, 2y - b) \wedge_0 g\omega_{k-1}(2x - a, 2y + b) \wedge_0 \\ \wedge_0 g\omega_{k-1}(2x + a, 2y - b) \wedge_0 g\omega_{k-1}(2x + a, 2y + b) \geq 0,$$

ва Т-квадрат фракталнинг умумий тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$\omega_k(x, y) = g\omega_0(x, y) \vee_0 g\omega_1(x, y) \vee_0 \dots \vee_0 g\omega_k(x, y) \geq 0.$$

2-расмда $\omega_k(x, y) \geq 0$ функция даражалари чизикларининг тасвири келтирилган бўлиб, k нинг турли қийматлари учун Т-квадрат фрактални беради.



2-расм. k нинг турли қийматларида ҳосил қилинган Т-квадрат фрактал

Биномиал қўпхадлар назарияси усулини қўллаб Паскаль учбурчаги асосидаги алгебраик тузилмалар ва туб сонлар назариясини ҳисобга олган ҳолда фрактал кўринишдаги тасвирларни визуаллаштириш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган, ҳамда $\text{Mod } p$ асосида ҳосил қилинган Паскаль учбурчагининг фрактал ўлчови аниқланган.

Биномиал коэффициентлар энг оддий комбинаториал объектлар бўлиб, k дан ташқари m та элементнинг алоҳида комбинациялари сони сифатида аниқланади:

$$(1 + x)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k, \quad (2)$$

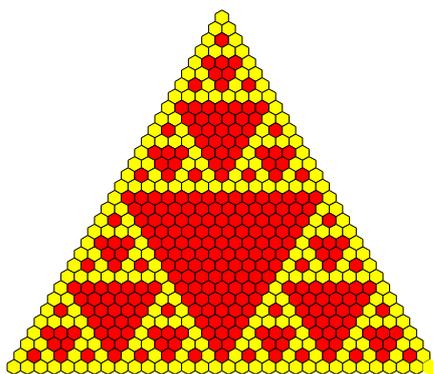
s -тартибли умумлаштирилган Паскаль учбурчагининг x даражасининг умумий формуласи қуйидагича ёзилади:

$$\left(1 + x + x^2 + \dots + x^{s-1}\right)^n = \sum_{k=0}^{(s-1)n} \binom{n}{k}_s x^k, \quad s \geq 2. \quad (3)$$

$s=2$ да биномиал коэффициент қуйидагича бўлади:

$$\binom{n}{k}_2 = \binom{n}{k}, \quad \binom{n+1}{k+1} = \binom{n}{k} + \binom{n}{k+1}. \quad (4)$$

Паскаль учбурчаги жуда кўп қизиқарли хусусиятларга эга ва улардан биттаси барча модулларнинг иккитасини ҳисобга олган ҳолда келиб чиқади. 3-расмда кўрсатилганидек, Паскаль учбурчагидаги элементларни қуйидагича белгилаш орқали бўйаш мумкин: барча тоқ сонлар сариқ, барча жуфт сонлар қизил.



3-расм. Паскаль учбурчагидаги биринчи 32 та сатр 2 га бўлинишига қараб рангланган

Паскаль учбурчагини тўғридан-тўғри қўлланилиши бўйича баъзи натижалар келтирилади. Паскаль учбурчагининг бошланғич элементидаги учбурчакнинг томонларини нуқталари координаталар системасида биринчи чоракда жойлаштирилган. Бунда координаталар системасида жойлашган (x, y) нуқта ва Паскаль учбурчагининг элементлари орасида қуйидагича муносабат ўрнатилади:

$$\binom{n}{k} = \frac{x!}{y!(x-y)!}, \quad (5)$$

бу ерда $n = x, k = y$.

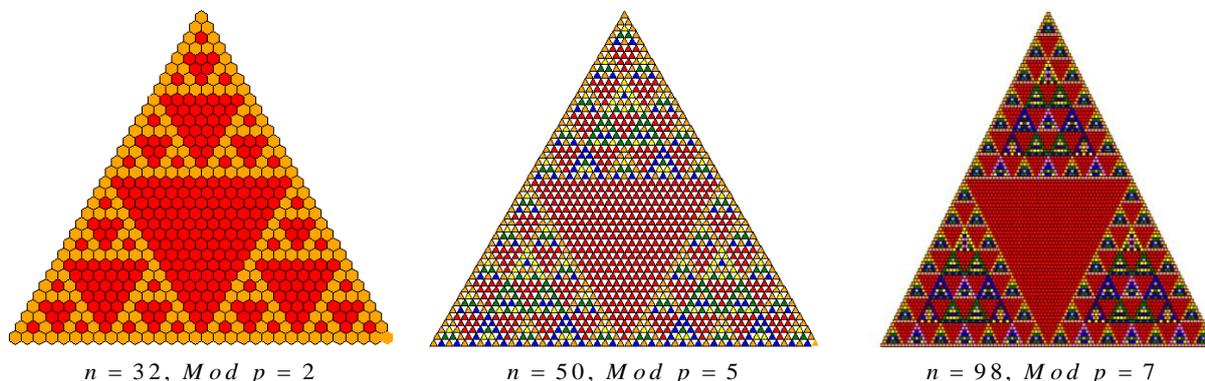
Координаталар системасида Паскаль учбурчагининг элементларидаги геометрик шакллар (учбурчак, тўртбурчак, олтибурчак) орасида рекуррент муносабат қуйидагича ёзилади:

$$\binom{x+1}{y+1} = \binom{x}{y} + \binom{x}{y+1}. \quad (6)$$

Паскаль учбурчагини Mod p га бўлганда унинг элементларини аниқлаш формуласи қуйидагича ёзилади:

$$\binom{n}{m}_p = \binom{n-1}{m-1}_p + \binom{n-1}{m}_p. \quad (7)$$

Паскаль учбурчагининг элементларини туб сонларга нисбатан қисқартирилганда хусусан Mod p туб сонлардан иборат бўлса, туб сонларга бўлинишига қараб ранг бериш орқали Паскаль учбурчагининг кўриниши турлича бўлади (4-расм).



$n = 32, \text{Mod } p = 2$

$n = 50, \text{Mod } p = 5$

$n = 98, \text{Mod } p = 7$

4-расм. Паскаль учбурчаги асосидаги фрактал шакллар

Mod p ни қўллаб ҳосил қилинган Паскаль учбурчаги фрактал шакл бўлиб, ушбу фракталнинг асосий характеристикаси унинг фрактал ўлчови D_p қуйидагича аниқланади. Асосий p учун мос равишда $N = p(p+1)/2$ ва $s = \frac{1}{p}$ эканлиги ҳисобга олсак D_p қуйидагича ёзилади:

$$\lim_{p \rightarrow \infty} D_p = 1 + \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{\ln \frac{(p+1)}{2}}{\ln p}. \quad (8)$$

Мазкур формуладан фойдаланиб қуйидаги натижалар олинади, $D_2 \approx 1.585$, $D_3 \approx 1.631$, $D_5 \approx 1.683$.

Компьютер графикасининг текисликдаги икки ўлчовли геометрик алмаштиришлардан фойдаланган ҳолда фрактал тузилишли мураккаб тасвирларни куриш усуллари ишлаб чиқилди. Спиралсимон фрактал шаклларни куришда R-функция усули ҳамда геометрик алмаштиришлардан фойдаланган ҳолда ички олтибурчакка ташқи олтибурчакни ичида буриш ва масштаблаш, ички учбурчакни ташқи учбурчакни ичида ва ички квадратни ташқи квадратни ичида буриш ва масштаблаш ёрдамида спиралсимон фракталлар геометрик моделлаштирилган.

Спиралсимон фракталнинг бошланғич қадами учун квадрат шаклини R-функция усули орқали тенгламаси курилади, яъни

$$\omega = f_1 \wedge_0 f_2,$$

бу ерда $f_1 = (a^2 - x^2) \geq 0$, $f_2 = (a^2 - y^2) \geq 0$, $a = b$.

R- конъюнкция амалини қўллаган ҳолда қуйидагича ифодаланади:

$$\omega_0 = f_1 \wedge_0 f_2 \geq 0,$$

$$\omega_0(x, y) = (a^2 - x^2) \wedge_0 (a^2 - y^2) = a^2 - x^2 + a^2 - y^2 - \sqrt{(a^2 - x^2)^2 + (a^2 - y^2)^2} \geq 0, \quad (9)$$

Кейинги кадамда компьютер графикасининг геометрик алмаштиришларидан фойдаланиб, хусусан масштаблаш ва буриш ифодаларидан фойдаланиб ички квадрат чизилади. Ушбу амаллар кетма-кет бажарилади шунинг учун умумий геометрик алмаштириш учун суперпозиция қоидасидан фойдаланган ҳолда умумий геометрик алмаштиришни ифодаловчи муносабатларни қуйидагича ҳосил қиламиз. (9) формуладан фойдаланган ҳолда тасвирни ифодаловчи R-функция усули ва компьютер графикасининг геометрик алмаштиришлари ёрдамида ички квадратни ташқи квадрат ичида буриш ва масштаблаш асосида спиралсимон фракталларни кейинги ўрнатиш элементининг ифодаси ҳосил қилинади.

$$f_{11} = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi)x - \alpha \cdot \sin(\varphi)y)^2 \geq 0; \quad f_{21} = a^2 - (\alpha \sin(\varphi)x + \alpha \cos(\varphi)y)^2 \geq 0;$$

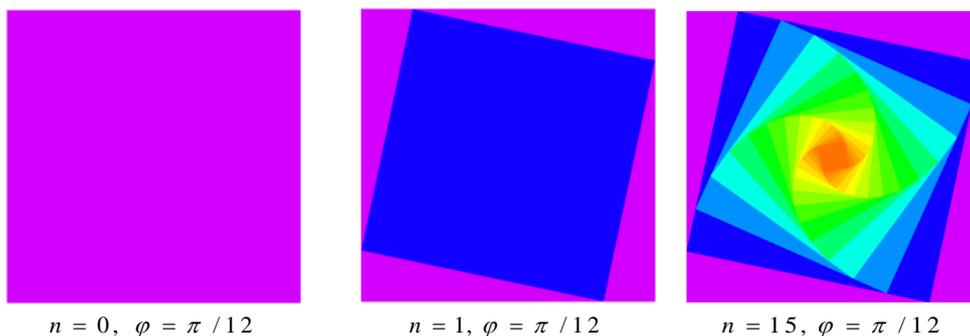
$$\omega_1(x, y) = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y)^2 + a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y)^2 - \sqrt{(a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y)^2)^2 + (a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y)^2)^2} \geq 0;$$

$$\omega_2(x, y) = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_1 - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_1)^2 + a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_1 + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_1)^2 - \sqrt{(a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_1 - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_1)^2)^2 + (a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_1 + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_1)^2)^2} \geq 0;$$

$$\omega_n = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_{n-1} - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_{n-1})^2 + a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_{n-1} + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_{n-1})^2 - \sqrt{(a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_{n-1} - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_{n-1})^2)^2 + (a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_{n-1} + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_{n-1})^2)^2} \geq 0;$$

$$\alpha = \cos(\varphi) + \sin(\varphi).$$

Бу ерда φ - бурилиш бурчаги, n ва φ нинг ўзгарувчи қийматлари учун фрактал шакллар ҳар хил кўринишга эга бўлади (5-расм).



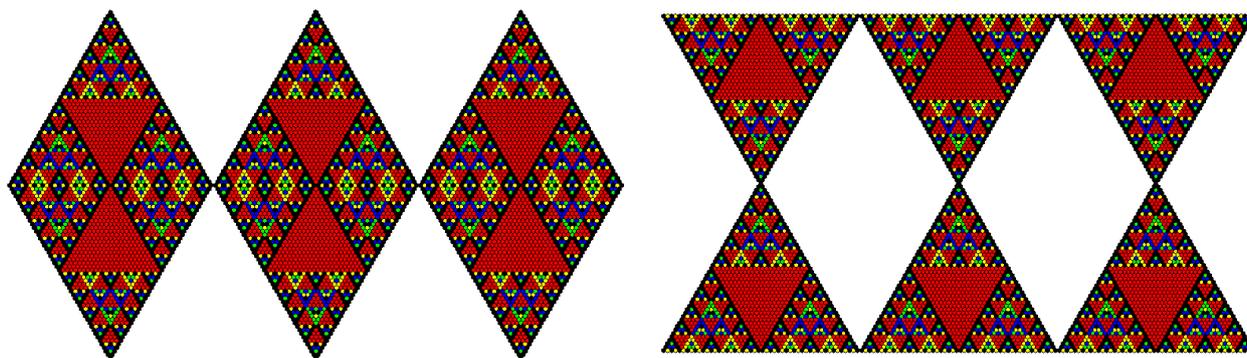
5-расм. Квадратга асосланган спиралсимон фрактал шакллар

Биномиал қўпхадлар усулини қўллаб Паскаль учбурчаги асосидаги алгебраик тузилмалар ва туб сонлар назариясини ҳисобга олган ҳолда мураккаб фрактал тузилишли объект яратилган.

Биринчи кадамда компьютер графикасининг акслантириш алмаштиришларидан фойдаланилди. Акслантириш геометрик алмаштиришидан фойдаланган ҳолда:

$$\begin{pmatrix} x \\ -y \end{pmatrix}_p = \begin{pmatrix} x-1 \\ -y-1 \end{pmatrix}_p + \begin{pmatrix} x-1 \\ -y \end{pmatrix}_p, \quad (10)$$

га эга бўламиз. Ушбу формуладан фойдаланиб куйидаги натижага эришилди (6-расм).



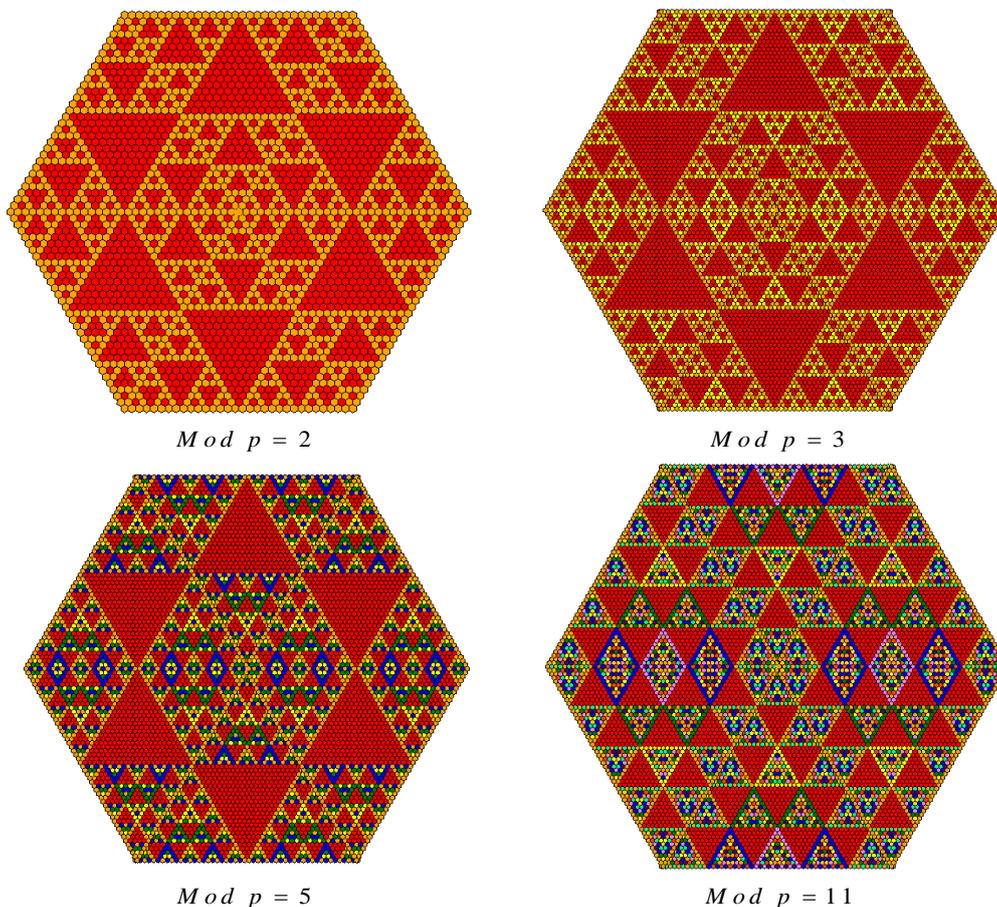
6-расм. Mod 5 ни қўллаб Паскаль учбурчаги асосидаги фракталлар

Акслантириш ва кўчиш геометрик амалини қўллаган ҳолда 6-расмда келтирилган фрактал шаклга эга бўлинади.

Кўчиш геометрик алмаштиришни инобатга олган ҳолда эса

$$\binom{(x+a)}{(y+b)}_p = \binom{(x+a)-1}{(y+b)-1}_p + \binom{(x+a)-1}{(y+b)}_p. \quad (11)$$

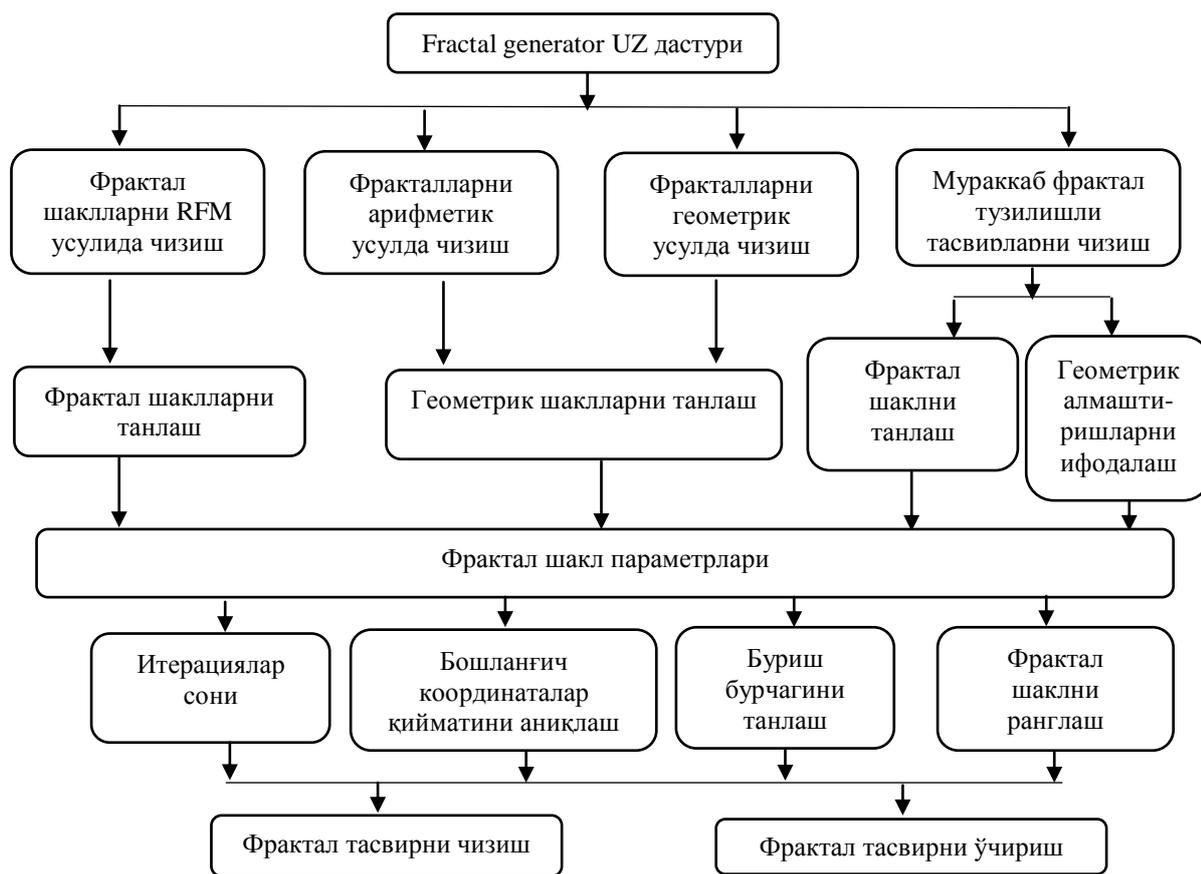
га эга бўламиз. Мазкур акслантириш ва кўчиш геометрик алмаштириш формуладан фойдаланиб куйидаги натижага эга бўламиз (7-расм).



7-расм. Паскаль учбурчаги асосидаги мураккаб тузилишли фракталлар

Диссертациянинг «Фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида геометрик моделлаштиришнинг дастурий воситаси» номли бобида юқоридаги бобларда таклиф этилган ва ишлаб чиқилган мавжуд алгоритмлар асосида дастурий восита яратилган ва амалий масалаларни ечишга қаратилган, шунингдек, дастурий воситанинг асосий интерфейси ва функционал имкониятлари ҳамда мураккаб кўринишдаги фрактал тасвирларни визуаллаштириш алгоритмлари келтирилган.

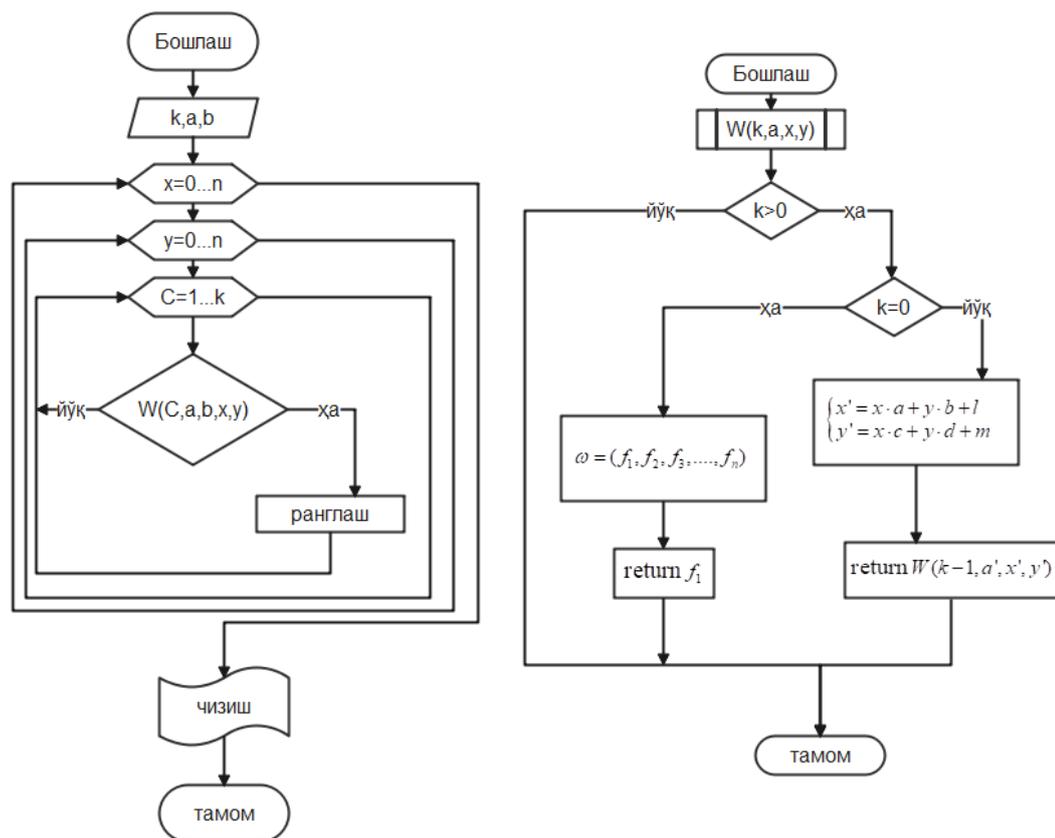
Геометрик усулга, RFM-усулига ва арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар усулига асосан фрактал тузилишли шаклларни яратувчи дастурий воситанинг умумий тузилиши 8-расмда келтирилган. Фракталларни RFM усулда чизиш блокада элементар соҳалар (доира, вертикал чизик, горизонтал чизик, ярим текислик ва бошқалар)ни R-функция ёрдамида ифодаланишини ўз ичига олади.



8-расм. Дастурий восита тузилиши

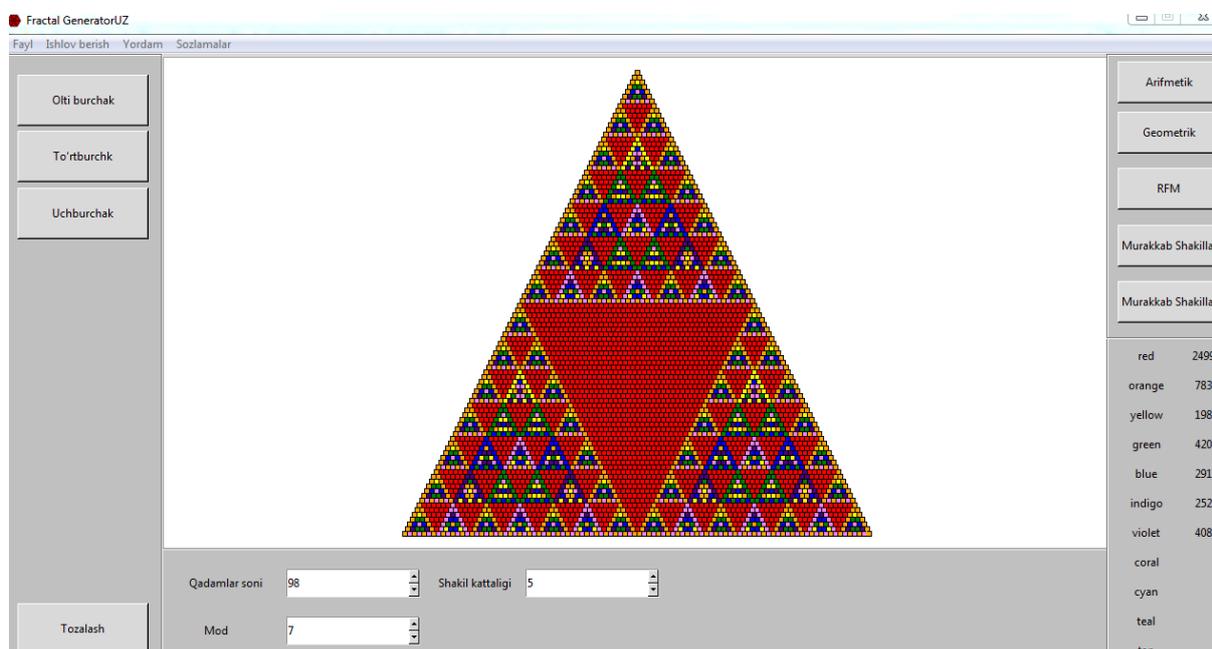
Булардан ташқари R-функциялар усулининг R-конъюнкция, R-дизъюнкция ва R-инкор каби амалларни бажарувчи функция - процедуралар мавжуд. Мураккаб фракталларни чизиш блокада RFM усулида элементар соҳаларни чизиш процедуралари R-функция орқали ифодаланишини ўз ичига олади. Шу билан бирга компьютер графикасининг текисликдаги икки ўлчовли геометрик алмаштиришлари амалларини бажарувчи функция ва алгоритмлари мавжуд. Фрактал шаклларнинг ранглари олдин ёки кейин танлаш ва таҳрирлаш имконини берадиган ранг бериш вариантлари мавжуд.

R-функция усули ва геометрик алмаштиришлардан фойдаланган ҳолда спиралсимон фракталларни визуаллаштириш алгоритми қуйидагича амалга оширилади (9-расм).



9-расм. R-функция усули ва геометрик алмаштиришларни қўллаб мураккаб тузилишли фракталларни визуаллаштириш алгоритмларининг блок схемаси

10-расмда фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида визуаллаштирувчи дастурий воситанининг интерфейси келтирилган.



10-расм. Дастурий воситанинг асосий ойнаси

Мураккаб кўринишдаги фрактал объектларни визуаллаштиришда Python дастурий тилидан фойдаланилди. Яратилган дастурий воситанинг алгоритмлари асосида Кох эгри чизиғи, Серпин учбурчаги, Серпин гилами, геометрик шакллардан иборат бир неча кўринишдаги фрактал шакллар, ва Паскаль учбурчаги асосланган фракталлар курилди.

ХУЛОСА

«Фрактал тузилишли объектларни аналитик усуллар ёрдамида геометрик моделлаштириш» мавзусида олиб борилган диссертация ишининг натижалари бўйича қуйидаги асосий хулосалар тақдим этилди:

1. Фракталлар назариясининг асосий тушунчалари, фракталларнинг келиб чиқиши, унинг хусусиятлари, турлари ва қўлланилиш соҳалари ўрганилди ва тадқиқ қилинди. Натижада енгил саноатда замонавий ва классик дизайнда лойиҳалаш жараёнларини ташкил этишда қўлланилиши мумкинлиги ва иқтисодий самара бериши аниқланди.

2. Фракталларнинг қуриш усуллари, уларни визуаллаштириш алгоритмлари, қўлланилиш жараёни, фрактал ўлчов тушунчаси ва фрактал тузилишга эга бўлган объектларнинг ўлчамини ҳисоблаш усуллари ўрганилди ва тадқиқ қилинди. Итерацион функциялар тизими (IFS), L-тизимлар усули назарий асослари ҳамда афзалликлари таҳлил қилинди. Мазкур усуллар ёрдамида қурилган классик ва замонавий фракталларни киёсий таҳлилини амалга ошириш имконини берди.

3. Фрактал тузилишли объектларни RFM усули ёрдамида тадқиқот модели курилди ва алгоритми ишлаб чиқилди. Ушбу алгоритм асосида классик фракталлардан бўлган Кох эгри чизиғи, Серпин учбурчаги ва T-квадрат фрактали визуаллаштирилди. Ишлаб чиқилган модел ёрдамида фрактал шаклларнинг фрактал ўлчовлари аниқланди. Мазкур усул ва модел мураккаб геометрик шаклларнинг кенг имкониятли моделини яратиш имконини берди.

4. Арифметик хусусиятли биномиал кўпхадлар назарияси усулини қўллаб Паскаль учбурчаги асосидаги алгебраик тузилмалар ва туб сонлар назариясини ҳисобга олган ҳолда фрактал кўринишдаги тасвирларни визуаллаштириш усули алгоритми ишлаб чиқилди. Мазкур усул ва алгоритм Паскаль учбурчаги асосидаги фрактал шаклларни визуаллаштириш имконини берди.

5. Компьютер графикасининг текисликдаги икки ўлчовли геометрик алмаштиришлардан фойдаланган ҳолда фрактал тузилмалари мураккаб тасвирларни қуриш усули ва алгоритми ишлаб чиқилди. Мазкур усул ва алгоритм асосида учбурчакли, квадратли ва олти бурчакли спиралсимон фракталлар ва Паскаль учбурчаги асосидаги мураккаб фрактал шакллар яратилди. Натижада гиламларда фрактал кўринишдаги замонавий нақш шакллантиришни автоматлаштириш ва ишлаб чиқаришни 10%-15% га ошириш ва меҳнат ҳажмини бир неча мартага камайтириш имконини берди.

6. Ишлаб чиқилган алгоритмлар асосида фрактал тузилишли объектларни автоматлаштирган визуаллаштириш дастурий воситаси яратилди. Ушбу дастурий восита биноларнинг қурилишида хонани интерьер ва экстерьер беаги, жиҳозланиши ва дизайнида, қурилиш маҳсулотларни нақшлар билан безатишда, гиламларнинг нақш шакллари яратиш, уларга дизайн бериш ҳамда маҳсулотларининг ранг ва нақшларини танлашни автоматлаштириш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

НАРЗУЛЛОЕВ ОЙБЕК МИРЗАЕВИЧ

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ
ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ**

**05.01.01 – Инженерная геометрия и компьютерная графика.
Аудио и видеотехнологии**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тошкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2020.4.PhD/Т1933.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Нуралиев Фахриддин Муродиллаевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Джуманов Жамолжон Худайкулович**
доктор технических наук, профессор

Мухиддинов Мухриддин Нуриддин ўғли
доктор философии по техническим наукам (PhD)

Ведущая организация: Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится 24 августа 2021 г. В 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий в режиме **on-line** на платформе Zoom. **Идентификатор Zoom: 330 044 4963. Код доступа: 1.**
(Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 222). (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «12» август 2021 года.
(протокол рассылки № 4 от «11» август 2021 г.).



И.Х. Сиддиков
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Х.Э. Хужаматов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии (PhD)
по техническим наукам, доцент

Х.Н. Зайнидинов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется исследованию математических аспектов теории фракталов, а также методам описания природных процессов и явлений с помощью идей теории фракталов. Особенно при построении уравнений фрактала широко используются теории фракталов, методы и системы компьютерной графики. Поэтому одной из важных задач является разработка геометрических моделей и алгоритмов объектов с фрактальной структурой, а также методов их реализации. Большое внимание уделяется решению теоретических и практических задач при разработке технологий использования фрактальных геометрических фигур в дизайне градостроительства и легкой промышленности в развитых зарубежных странах в данной области, включая США, Франция, Германия, Италия, Российская Федерация, Китай, Япония, Иран, Южная Корея и другие страны.

В мире разработка и развитие технологий применения фрактальных геометрических фигур в области создания текстур и дизайна остается одной из важнейших проблем. В частности, интерес к изучению процессов, обслуживающих фрактальную геометрию природы, привел к появлению новых научных направлений в физике, математике, компьютерной графике, легкой промышленности, электронике, радиотехнике, астрофизике, биологии, материаловедении, медицине и других науках. Как известно, разработка дизайна узоров осуществляется в основном вручную, в том числе фрактальные узоры, рисование которых вручную достаточно сложно или невозможно, рисуются с помощью технологий компьютерной графики.

В Республике осуществляется комплекс мероприятий по развитию текстильной, швейно-трикотажной, кожно-обувной и меховой отраслей легкой промышленности, расширения ассортимента производимой готовой продукции, а также всесторонней поддержки экспортной деятельности и инвестиций в предприятия и использования цифровых технологий для расширения ассортимента выпускаемой готовой продукции, а также всесторонней поддержки инвестиционной и экспортной деятельности предприятий отрасли и применения цифровых технологий. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены ряд задач, в частности «...модернизация, техническое и технологическое обновление производства, ... внедрение современных информационно-коммуникационных технологий»¹. Одним из важных вопросов при реализации этих задач является разработка математического обеспечения и программного средства для современных дизайн-проектов ковров на основе современных информационных технологий с целью

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

повышения конкурентоспособности продукции текстильной промышленности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 27 апреля 2018 года №ПП-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», от 16 сентября 2019 года №ПП-4453 «О мерах по дальнейшему развитию легкой промышленности и стимулированию производства готовой продукции», от 7 мая 2020 года №ПП-4708 «О мерах по повышению качества образования и развитию научных исследований в области математики», от 6 октября 2020 года №ПП-4851 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы образования в области информационных технологий, развитию и интеграции научных исследований с IT-индустрией» и другими нормативно-правовыми документами, касающимися данной сферы.

Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с направлением развития науки и технологий республики: IV. «Развитие информатизации и инфокоммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Проблемам геометрического моделирования объектов с фрактальной структурой с помощью аналитических методов посвящен ряд монографий и журнальных статей. Б.Б.Мандельброт, Г.М.Жулия, А.С.Пикковер, Г.О.Пейтген, Р.П.Тайлор, Б.Ф.Нейлор, Ч. Бандт, К.Д.Фальконер, Ж.Баиш, Ю.С.Семерич, А.Д.Морозов, Э.И.Могилевский, Э.К.Хоссеин, М.М.Таха, А.А. Потапов и другие ученые стремятся к расширению области фрактальной геометрии, в том числе во всем мире, применив их на практике, в области радиотехники и радиолокации, от прогнозирования стоимости ценных бумаг на рынке до новых открытий в теоретической физике.

В Республике обращает на себя внимание научная деятельность ученых Б.А. Бондаренко, В.В. Карачика, Ш.А. Назирова, Ф.М. Нуралиева, Ш.А. Анаровой по развитию теории фракталов. Академик Б.А. Бондаренко внес вклад в построение обобщенных треугольников Паскаля, пирамид Паскаля и уравнений их фракталов на основе теории биномиальных базисных полиномов с арифметическими свойствами. Профессор Ш.А. Назиров разработал уравнения и рекурсивные алгоритмы классических геометрических фракталов сложной структуры с использованием метода R-функций (RFM), включая уравнения нескольких сложных фракталов, разработанных методом R-функций и аналитическим методом, а также рекурсивные алгоритмы, в том числе: множество Контора, кривые Госпера, фракталы в форме деревьев и многое другое.

Изучение исследований в данной сфере показывает, что в настоящее время при построении фракталов широко применяются методы L-системы, системы итерационных функций (IFS). Но в недостаточной мере изучены вопросы геометрического моделирования объектов сложной фрактальной структуры с помощью геометрических преобразований и треугольников Паскаля на основе алгебраической структуры с применением теории биномиальных многочленов с арифметическими свойствами, метода R-функций при моделировании геометрических объектов сложной фрактальной структуры.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий в рамках проекта по темам № ФЗ-2019081212 «Разработка технологии геометрического моделирования описания сложных фрактальных структур узбекских национальных узоров» (2020-2021).

Целью исследования является разработка методов и алгоритмов геометрического моделирования объектов фрактальной структуры геометрическими преобразованиями и методов аналитической R-функции (RFM) и теории биномиальных многочленов с арифметическими свойствами.

Задачи исследования:

проведение сравнительного анализа методов визуализации двумерных геометрических объектов фрактальной структуры и области их применения;

разработка метода и алгоритма геометрического моделирования объектов фрактальной структуры с применением аналитической конструкционного метода R-функций (RFM);

разработка метода и алгоритма визуализации изображений в фрактальной форме с учетом теории алгебраических структур и простых чисел на основе треугольника Паскаля;

разработка метода и алгоритма дискретного геометрического моделирования фрактально структурных объектов на основе геометрических преобразований компьютерной графики;

разработка схематической структуры программного средства, автоматизирующего визуализацию объектов фрактальной структуры аналитическими методами.

Объектом исследования являются объекты сложной фрактальной структуры в дизайне узоров.

Предмет исследования – геометрические модели для цветного дизайна ковров, рекурсивные алгоритмы, метод R-функций, метод теорий биномиальных многочленов и программные средства для проведения экспериментов на современных компьютерах.

Методы исследования. В ходе исследования использовались теория фракталов, метод R-функций (RFM), метод теорий арифметических биномиальных полиномов, методы комбинаторики, геометрические

преобразования компьютерной графики, сравнительный анализ полученных результатов и методы обработки информации в компьютерах и технологиях программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны геометрические модели и алгоритм объектов фрактальной структуры с применением аналитического конструкционного метода R-функций (RFM);

разработаны методы и алгоритмы визуализации изображений фрактальной формы на основе структур треугольника Паскаля и простых чисел;

созданы метод и алгоритм геометрического моделирования объектов фрактальной структуры с использованием геометрических преобразований компьютерной графики перемещения, поворота, масштабирования и отражения;

разработана схематическая структура программного средства, автоматизирующего визуализацию объектов фрактальной структуры аналитическими методами.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны геометрические модели объектов фрактальной структуры с помощью геометрических преобразований и аналитических методов;

на основе метода R-функции и теории биномиальных многочленов с арифметическими свойствами разработаны рекурсивные алгоритмы геометрического моделирования фрактально-структурированных объектов с помощью аналитических методов;

разработано программное средство для дискретного геометрического моделирования объектов фрактальных структур аналитическими методами.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обоснована соответствием методом R-функций фрактальных структур, методом теории биномиальных многочленов с арифметическими свойствами, в соответствии с правилами аналитической геометрии и компьютерной графики, правильным применением математического аппарата геометрического моделирования фрактальные объекты в аналитических методах.

Научная и практическая значимость исследования. Научная значимость результатов исследования обосновывается разработкой методов и алгоритмов R-функций и биномиальных полиномов для перспективного развития теоретических основ геометрического моделирования фрактальных объектов на основе аналитико-конструктивных и комбинаторных методов и геометрических преобразований компьютерной графики.

Практическая значимость результатов исследования обосновывается применением программных средств, позволяющих автоматизировать процессы решения задач создания фракталов и их внедрением в сферы проектирования узоров дизайна ковров в производстве.

Внедрение результатов исследования. В рамках диссертации на основе алгоритмов и программного средства, разработанных по результатам

исследований по геометрическому моделированию объектов фрактальной структуры с помощью аналитических методов:

программное средство, разработанное на основе аналитического конструкционного метода R-функций (RFM) и метода теории биномиальных многочленов с арифметическими свойствами, внедрено в ООО «SAMARQAND PRODUCTS» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 27 апреля 2021 года №33-8/2962). В результате при разработке узорных форм национальных ковров, в конструировании их дизайна появилась возможность автоматизации формирования современных узоров во фрактальной форме, увеличения производства на 10% -15% и снижения трудоемкости;

программное средство, разработанное на основе методов и алгоритмов геометрического моделирования изображений фрактальных структур с помощью геометрических преобразований компьютерной графики, внедрено в ООО «BELKIS KARPET» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 27 апреля 2021 года №33-8/2962). В результате удалось увеличить рыночный спрос на товар в 1,1-1,2 раза за счет изменения качества продукта и цвета формы узора по требованию клиента;

программное средство, имеющее базой алгоритмов построения фрактальных изображений с учетом теории алгебраических структур и простых чисел на основе треугольника Паскаля, внедрено в ООО «BRILLIANT CONCEPT» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 27 апреля 2021 года №33-8/2962). В результате появилась возможность сократить в среднем на 15% время создания форм отделки интерьера и экстерьера, используемых при отделке и дизайне зданий и сооружений.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования, в виде докладов апробированы на 5 международных и 6 республиканских научных конференциях, а также в научных семинарах.

Опубликованность результатов исследования. По теме исследования опубликовано всего 20 научных работ, в частности, 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией к публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе в 4 зарубежных журналах и 3 республиканских журналах, а также получены 3 авторских свидетельства Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на 3 программных разработки для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования,

приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены внедрение результатов исследования, сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния методов построения фракталов и их применения»** разъясняются и анализируются существующие методы, а также определяется актуальность проблемы. Подробно проанализированы научные и прикладные исследования методов построения фрактальных структур в зарубежных странах и в нашей стране, а также изучены основные понятия теории фракталов, современное состояние методов построения фракталов, их применения, описаны специфические свойства фракталов и общие понятия, относящиеся к фракталам, и поставлена задача исследовательской работы. В этой главе также подробно описаны свойства геометрических фракталов, текущее состояние методов построения и методов геометрического моделирования. Основные методы построения фракталов: приведено построение фрактальных форм на основе L-систем и системы итерационных функций.

Способы построения фракталов классифицируются по типам и классам фракталов. Дано применение фракталов в науке и технике, включая математику, физику, компьютерную графику, легкую промышленность, электронику, астрофизику, биологию, материаловедение, медицину, изучение использования фрактальных форм в дизайне изделий.

Предложены методы построения объектов фрактальной структуры аналитическими методами, на основе которых формируются цели и задачи диссертационные работы.

Вторая глава диссертации **«Разработка аналитических методов построения сложных геометрических объектов с фрактальными структурами»** посвящена построению фракталов геометрическим методом, методом RFM, методом теории биномиальных матриц с арифметическими свойствами и на основе геометрических преобразований компьютерной графики, таких как перемещение, поворот, масштабирование и отображение.

Разработаны геометрические модели и рекурсивные алгоритмы построения фракталов в их новом виде с использованием геометрических фигур и их основных понятий, являющихся частью математики. При построении фракталов, состоящих из прямоугольников, в основном обращаются к его вершинам и сторонам.

Первый шаг: определяются длины сторон, координаты их точек на вершинах. Второй шаг: длины сторон уменьшаем в два раза, а из вершин прямоугольника рисуем еще четыре прямоугольника. Чтобы нарисовать первый маленький прямоугольник, необходимо определить координаты точек на его вершинах; по оси x уменьшается в $1/2$ раза, затем размеры сторон также уменьшают в два раза и имеем

результат $A_1(x_1 - l/2, y_1 - h/2, x_1, y_1, l/2, h/2)$. Чтобы нарисовать второй прямоугольник, координаты точек на его вершинах определяются; увеличивается в l раза по оси x , по оси y в $h/2$ раза уменьшается; в результате размеры стороны уменьшаются в два раза и имеем $B_1(x_1 + 1, y_1 + h/2, x_2 + l/2, y_1, l/2, h/2)$. Для того чтобы нарисовать третий меньший прямоугольник, координаты точек на его вершинах определяются; увеличиваем в $l/2$ раза по оси x ; увеличиваем в $h/2$ раза по оси y ; затем размеры сторон также уменьшают в два раза и имеем $C_1(x_2, y_2, x_2 + l/2, y_2 + h/2, l/2, k/2)$. Для того, чтобы нарисовать четвертый меньший прямоугольник, координаты точек на его вершинах определяются; уменьшаем на $l/2$ по оси x , увеличиваются h и $3 * h/2$ по оси y ; тогда размеры сторон также уменьшаются в два раза и имеем $D_1(x_1 - l/2, y_1 + h, x_1, y_1 + 3 * h/2, l/2, h/2)$. Этот процесс повторяется n раз, после чего следует, это можно записать на основе следующей формуле

$$1 + 4 + 16 + 64 + \dots + 4^{n-1} = \sum_{i=1}^n 4^{i-1}. \quad (1)$$

Формула количества углов в каждом шаге определяется выражением: $4(n^2 - 1) + 4n$ (рис. 1).

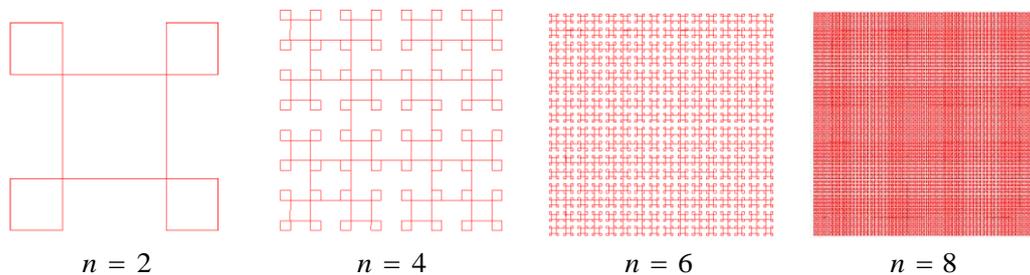


Рис. 1. Фрактальные фигуры, образованные при различных значениях n

Для копирования (штампования) фракталы на коврах, газонах, фарфоровых и керамических изделиях, необходимо записать их уравнение. в параграфе 2.2. построены и разработаны алгоритмы построения форм в фрактальном виде с использованием метода R-функций (RFM) В.Л. Рвачева, то есть кривой Коха, треугольника Серпинского и фрактального уравнения Т-квадрата.

Основной смысл теории R-функций состоит в преобразовании конструкций логической и теории множеств соответствующими функциями реального значения.

Полная система метода R-функций.

$$x \wedge_0 y \equiv x + y - \sqrt{x^2 + y^2};$$

$$x \vee_\alpha y \equiv x + y + \sqrt{x^2 + y^2};$$

$$\overline{x} \equiv -x.$$

Построим уравнение Т-квдратного фрактала на основе метода RFM. Уравнение первого квадрата имеют следующий вид.

$$\omega_0(x, y) = a^2 - x^2 \wedge_0 b^2 - y^2 \geq 0, \quad a = b$$

где a и b - стороны квадрата. Вводим дополнительное выражение $g\omega_k(x, y)$. При $k = 0$ основная функция имеет следующей вид.

$$g\omega_0(x, y) = \omega_0(x, y),$$

если $k = 1$, то $g\omega$ будет равно:

$$g\omega_1(x, y) = g\omega_0(2x, 2y) \leq 0,$$

записывается исходное уравнение для $k = 1$.

$$\omega_1(x, y) = g\omega_0(x, y) \wedge_0 g\omega_1(x, y) \geq 0.$$

Затем можно выразить функцию $g\omega$ для оставшейся k ($k = 2, 3, 4, \dots$):

$$g\omega_k(x, y) = g\omega_{k-1}(2x - a, 2y - b) \wedge_0 g\omega_{k-1}(2x - a, 2y + b) \wedge_0 \\ \wedge_0 g\omega_{k-1}(2x + a, 2y - b) \wedge_0 g\omega_{k-1}(2x + a, 2y + b) \geq 0,$$

и общее уравнение Т-квдратного фрактала имеет следующий вид:

$$\omega_k(x, y) = g\omega_0(x, y) \vee_0 g\omega_1(x, y) \vee_0 \dots \vee_0 g\omega_k(x, y) \geq 0.$$

На рисунке 2 приведено изображение линий уровней функции $\omega_k(x, y) \geq 0$, дающих Т-квдратичный фрактал при различных значениях k .

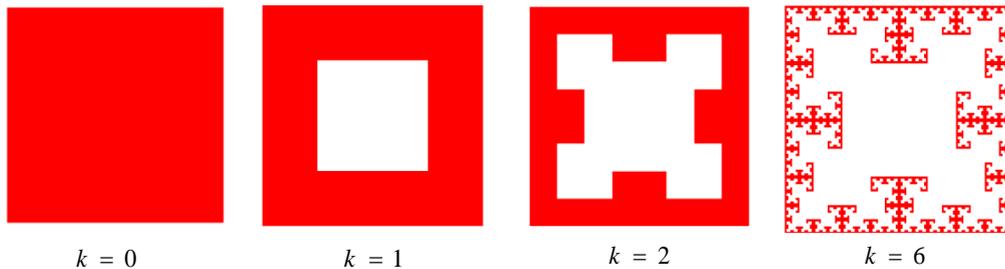


Рис. 2. Т-квдратный фрактал, сгенерированный при различных значениях k

Применяя метода теории биномиальных полиномов разработаны методы и алгоритмы визуализации изображений в фрактальном виде с учетом алгебраических структур на основе треугольника Паскаля и теории простых чисел, а также определена фрактальная размерность треугольника Паскаля на основе Mod p .

Биномиальные коэффициенты являются простейшими комбинаторными объектами и определяются как число отдельных комбинаций m элементов, кроме k

$$(1 + x)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k, \quad (2)$$

Общая формула степени x обобщенного треугольника Паскаля s -го порядка записывается следующим образом:

$$\left(1 + x + x^2 + \dots + x^{s-1}\right)^n = \sum_{k=0}^{(s-1)n} \binom{n}{k}_s x^k, \quad s \geq 2. \quad (3)$$

при $s=2$ биномиальный коэффициент будет следующим:

$$\binom{n}{k}_2 = \binom{n}{k}, \quad \binom{n+1}{k+1} = \binom{n}{k} + \binom{n}{k+1}. \quad (4)$$

Треугольник Паскаля имеет много интересных свойств, и одно из них вытекает из рассмотрения двух из всех модулей. Элементы в треугольнике Паскаля можно раскрасить, обозначив их следующим образом, как показано на рисунке 3, все нечетные числа - желтыми, все четные - красными.

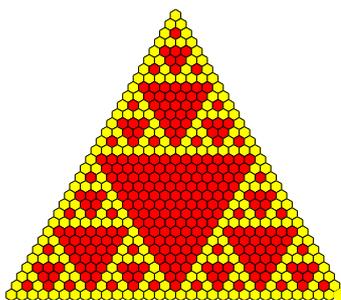


Рис. 3. Первые 32 строки в треугольнике Паскаля окрашены в соответствии с делением на 2

Приведены некоторые результаты по прямому применению треугольника Паскаля. Точки сторон треугольника в начальном элементе треугольника Паскаля расположены в первой четверти в системе координат. При этом между точкой, расположенной в системе координат, и элементами треугольника Паскаля устанавливается следующее соотношение:

$$\binom{n}{k} = \frac{x!}{y!(x-y)!} \quad (5)$$

где $n = x$, $k = y$.

В системе координат рекуррентное отношение между геометрическими фигурами (треугольник, четырехугольник, шестиугольник) в элементах треугольника Паскаля записывается следующим образом:

$$\binom{x+1}{y+1} = \binom{x}{y} + \binom{x}{y+1} \quad (6)$$

Формула для определения элементов треугольника Паскаля при делении его на $\text{Mod } p$ записывается следующим образом:

$$\binom{n}{m}_p = \binom{n-1}{m-1}_p + \binom{n-1}{m}_p \quad (7)$$

При приведении сокращении элементов треугольника Паскаля к простым числам, когда в частности $\text{Mod } p$ состоит из простых чисел, внешний вид треугольника Паскаля изменяется путем окрашивания в зависимости от его деления на простые числа (рис.4).

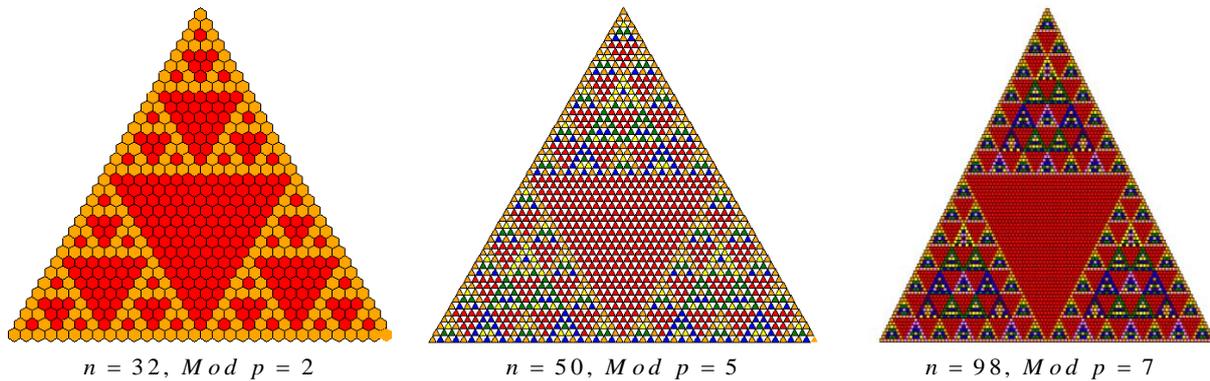


Рис. 4. Фрактальные фигуры, построенные на основе треугольника Паскаля

Треугольник Паскаля, образованный с помощью $\text{Mod } p$, является фрактальной формой, и основная характеристика этого фрактала определяется его фрактальной размерностью D_p следующим образом.

Учитывая, что для базового с $N = p(p+1)/2$ и $s = \frac{1}{p}$ соответственно, D_p записывается так:

$$\lim_{p \rightarrow \infty} D_p = 1 + \lim_{p \rightarrow \infty} \ln \frac{(p+1)}{2} / \ln p \quad (8)$$

По данной формуле получаются следующие результаты, например, $D_2 \approx 1.585, D_3 \approx 1.631, D_5 \approx 1.683$.

Разработаны методы построения сложных изображений с фрактальной структурой с использованием двумерных геометрических преобразований на плоскости компьютерной графики. При построении спиральных фрактальных фигур геометрическое моделирование спиральных фракталов осуществляется с использованием метода R-функций В.Л.Рвачева, а также геометрических преобразований, таких как поворот и масштабирование внешнего шестиугольника до внутреннего шестиугольника, поворот и масштабирование внутреннего треугольника до внешнего треугольника и масштабирование и поворот внутреннего квадрата до внешнего квадрата.

Для начального шага спирального фрактала строится уравнение квадратной формы методом R-функций, т.е.

$$\omega = f_1 \wedge_0 f_2,$$

где $f_1 = (a^2 - x^2) \geq 0$, $f_2 = (a^2 - y^2) \geq 0$, $a = b$.

с применением R- конъюнкции выражается следующим образом.

$$\omega_0 = f_1 \wedge_0 f_2 \geq 0,$$

$$\omega_0(x, y) = (a^2 - x^2) \wedge_0 (a^2 - y^2) = a^2 - x^2 + a^2 - y^2 - \sqrt{(a^2 - x^2)^2 + (a^2 - y^2)^2} \geq 0, \quad (9)$$

На следующем шаге с использованием геометрической преобразований компьютерной графики в частности, выражений масштабирования и поворота рисуется внутренний квадрат. Эти действия выполняются последовательно. Поэтому, используя правило суперпозиции для общей геометрической преобразований, формируем соотношения, представляющие общую геометрическую преобразований, следующим образом. Выражение следующего аналогичного элемента спиральных фракталов формируется на основе поворота и масштабирования внутреннего квадрата с помощью метода R-функции, представляющей изображение по формуле (9), и геометрических преобразований компьютерной графики.

$$f_{11} = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi)x - \alpha \cdot \sin(\varphi)y)^2 \geq 0; \quad f_{21} = a^2 - (\alpha \sin(\varphi)x + \alpha \cos(\varphi)y)^2 \geq 0;$$

$$\omega_1(x, y) = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y)^2 + a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y)^2 -$$

$$-\sqrt{(a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y)^2)^2 + (a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y)^2)^2} \geq 0;$$

$$\omega_2(x, y) = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_1 - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_1)^2 + a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_1 + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_1)^2 -$$

$$-\sqrt{(a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_1 - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_1)^2)^2 + (a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_1 + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_1)^2)^2} \geq 0;$$

$$\omega_n = a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_{n-1} - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_{n-1})^2 + a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_{n-1} + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_{n-1})^2 -$$

$$-\sqrt{(a^2 - (\alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot x_{n-1} - \alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot y_{n-1})^2)^2 + (a^2 - (\alpha \cdot \sin(\varphi) \cdot x_{n-1} + \alpha \cdot \cos(\varphi) \cdot y_{n-1})^2)^2} \geq 0;$$

$$\alpha = \cos(\varphi) + \sin(\varphi).$$

здесь φ - угол поворота. Фрактальная форма для переменных значений n и φ имеет разный вид

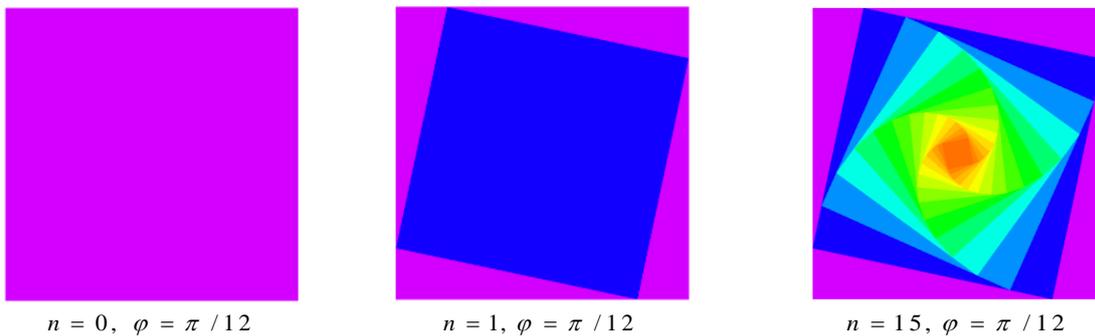


Рис. 5. Спиралеобразные фрактальные фигуры на основе квадрата

На основе метода биномиальных многочленов создан объект со сложной фрактальной структурой с учетом алгебраических структур и теории простых чисел на основе треугольника Паскаля.

На первом шаге использовались преобразование в виде отражения компьютерной графики. Используя геометрического преобразования отражения имеем:

$$\begin{pmatrix} x \\ -y \end{pmatrix}_p = \begin{pmatrix} x-1 \\ -y-1 \end{pmatrix}_p + \begin{pmatrix} x-1 \\ -y \end{pmatrix}_p \quad (10)$$

Используя эту формулу, получены следующие результаты (Рисунок 6).

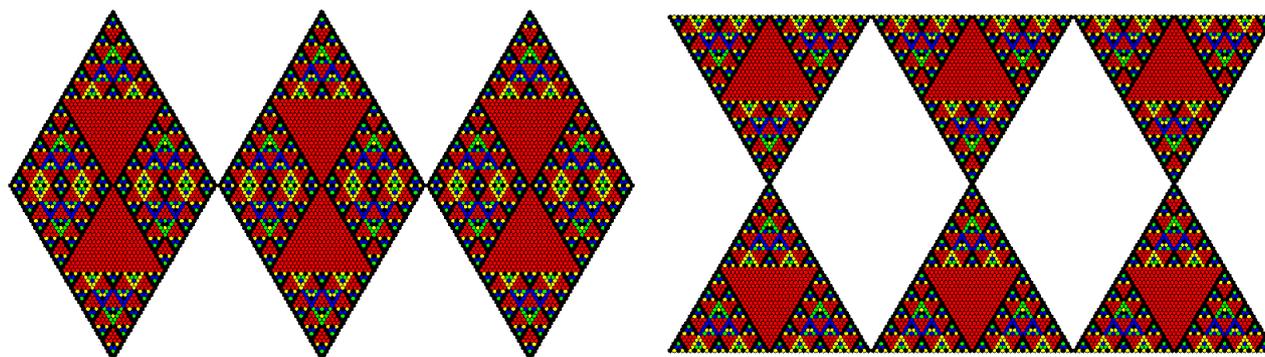


Рис. 6. Фракталы на основе треугольника Паскаля с применением Mod 5

Применяя геометрическое преобразование отражения и перемещения, фрактал имеет вид, представленный на рис. 6.

Принимая во внимание геометрического преобразования перемещения имеем:

$$\binom{(x+a)}{(y+b)}_p = \binom{(x+a)-1}{(y+b)-1}_p + \binom{(x+a)-1}{(y+b)}_p \quad (11)$$

Используя формулу геометрического преобразования отражения и перемещения получим следующий результат (рис. 7).

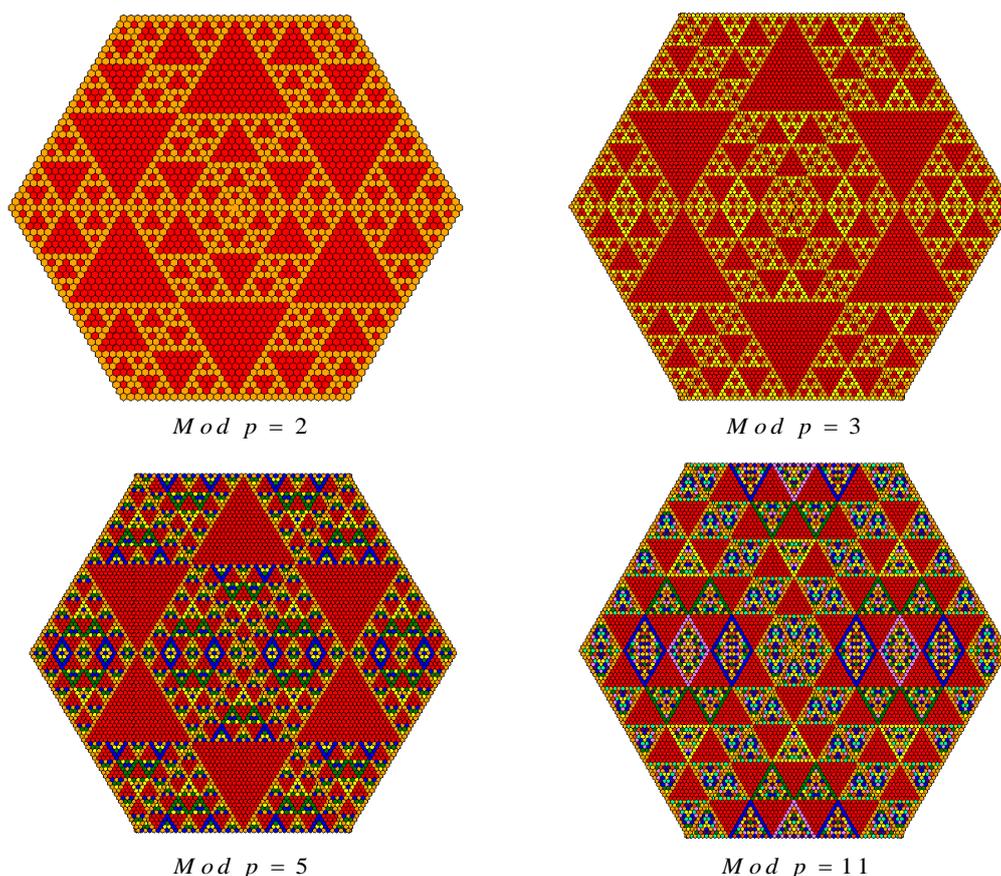


Рис. 7. Фракталы со сложной структурой на основе треугольника Паскаля

В третьей главе диссертации «**Программное средство геометрического моделирования объектов с фрактальной структурой аналитическими методами**» на основе алгоритмов, разработанных в указанных выше главах, создано программное средство, ориентированное на решение практических задач, также приведены основные интерфейсы и функциональные возможности программного средства и алгоритмы визуализации фрактальных изображений сложной формы.

Общая структура программного средства для создания форм с фрактальной структурой на основе геометрического метода, RFM-метода и метода биномиальных полиномов с арифметическими свойствами приведена на рисунке 8. В блоке построение фракталов методом RFM предполагает, что элементарные области (окружность, вертикальная линия, горизонтальная линия, полуплоскость и т. д.) включает выражение с помощью R-функций.



Рис. 8. Структура программного средства

Кроме того, существуют процедуры – функции, выполняющие такие операции как R-конъюнкция, R-дизъюнкция и R-отрицание в рамках метода R-функций. Метод RFM в блоке рисования сложных фракталов предполагает, что процедуры рисования элементарных полей выражаются через R-функцию. Также существуют функции и алгоритмы компьютерной графики, выполняющие операции двумерных геометрических преобразований на плоскости. Существуют параметры раскраски, которые позволяют выбирать и редактировать цвета фрактальных фигур до или после.

Алгоритм визуализации спиральных фракталов с помощью метода R-функций и геометрических преобразований реализуется следующим образом (рис.9).

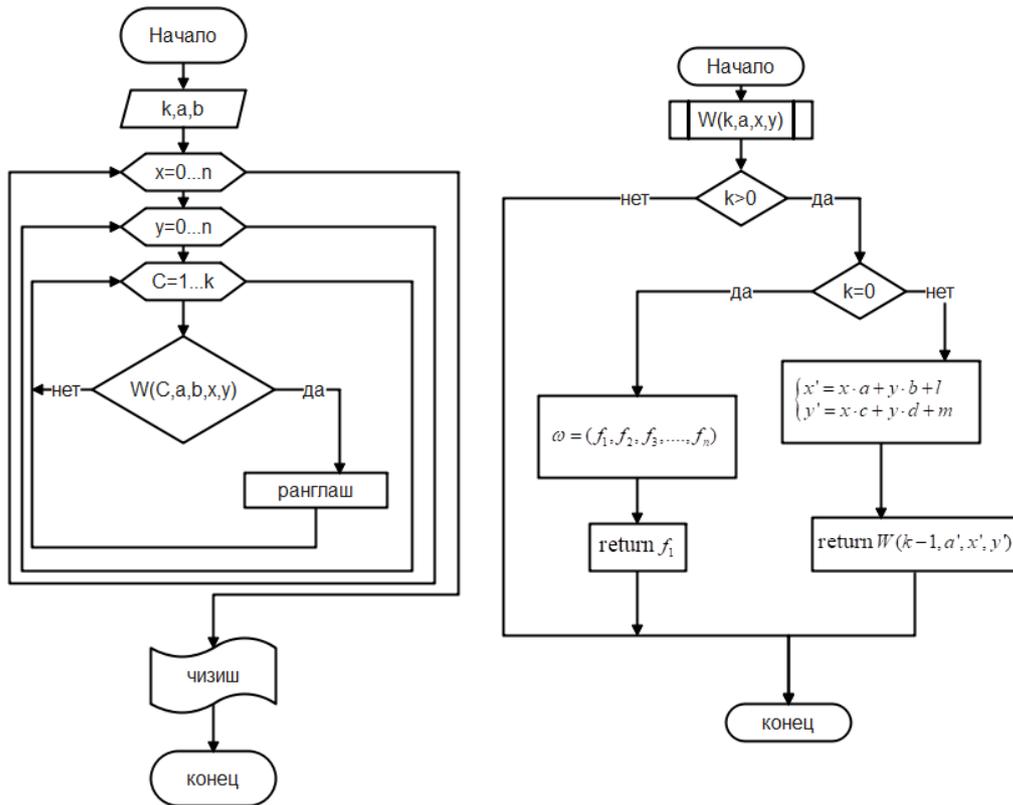


Рис. 9. Блок--схема алгоритма визуализации фракталов со сложной структурой с использованием метод R-функций и геометрических преобразований

На рисунке 10 приведен интерфейс программного средства визуализации объектов с фрактальной структурой аналитическими методами

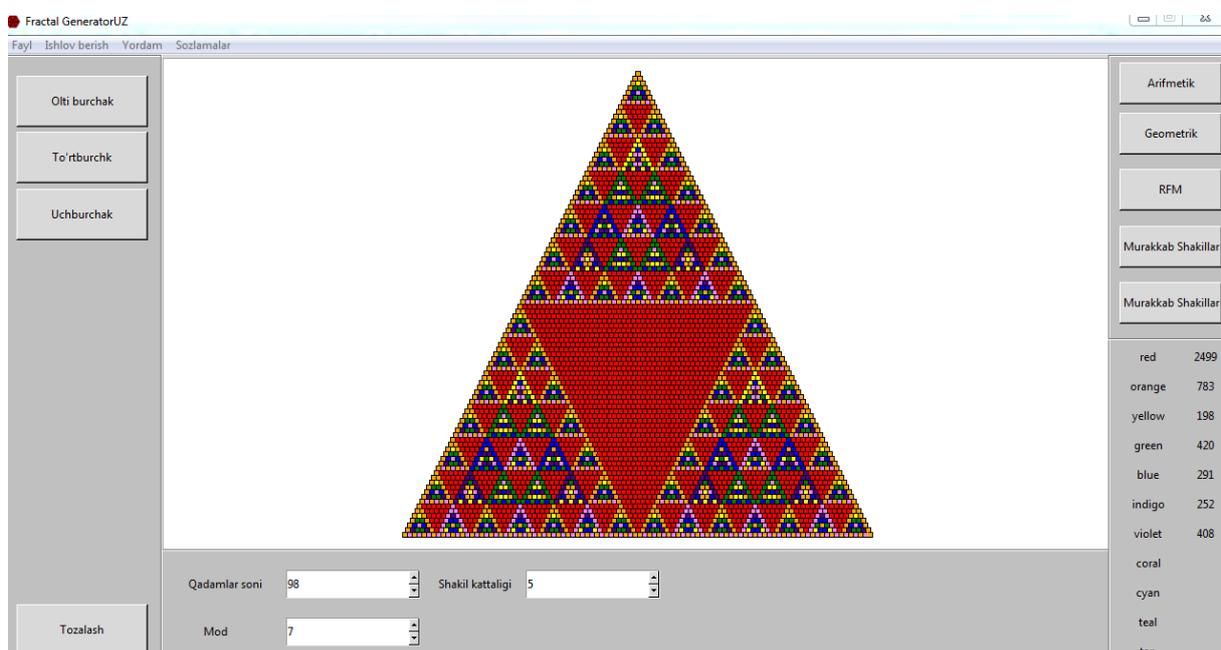


Рис. 10. Основное окно программного средства

Язык программирования Python использовался для визуализации сложных фрактальных объектов. На основе алгоритмов созданного программного средства были построены фракталы на основе кривых Коха, треугольника Серпинского, ковра Серпинского, фрактальных фигур нескольких представлений, состоящих из геометрических фигур, и треугольника Паскаля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований диссертационной работы по теме «Геометрическое моделирование объектов фрактальной структуры с помощью аналитических методов» сделаны следующие основные выводы:

1. Изучены и исследованы основные понятия теории фракталов, происхождение фракталов, их свойства, типы и области применения. В результате определены экономический эффект при применении в организации процессов проектирования современного и классического дизайна в легкой промышленности.

2. Изучены и исследованы методы построения фракталов, алгоритмы их визуализации, процесс применения, понятие фрактальной размерности и методы расчета размеров объектов с фрактальной структурой. Анализируются теоретические основы и преимущества системы итерационных функций (IFS), L-систем. Это позволило провести сравнительный анализ классических и современных фракталов, построенных этими методами.

3. Построена модель исследования объектов фрактальной структуры с использованием метода RFM и разработан алгоритм. На основе этого алгоритма были визуализированы кривая Коха, треугольник Серпина и фрактал Т-квадрат, которые являются классическими фракталами. С помощью разработанной модели определены фрактальные размерности фрактальных форм. Этот метод и модель позволили создать обширную модель сложных геометрических форм.

4. Применяя метод теории биномиальных многочленов с арифметическими свойствами, разработан алгоритм метода визуализации изображений во фрактальной форме с учетом теории алгебраических структур и простых чисел на основе треугольника Паскаля. Эти метод и алгоритм позволили визуализировать фрактальные формы на основе треугольника Паскаля.

5. Разработан алгоритм построения сложных изображений фрактальной структуры с использованием двумерных геометрических преобразований в пространстве компьютерной графики. На основе этого метода и алгоритма были созданы треугольные, квадратные и гексагональные спиральные фракталы, а также сложные фрактальные формы на основе треугольника Паскаля. В результате удалось автоматизировать формирование современных узоров во фрактальном виде на коврах, увеличить производство на 10–15% и снизить трудозатраты в несколько раз.

6. На основе разработанных алгоритмов создано программное средство визуализации, автоматизирующее фрактально-структурных объекты. Это программное средство позволяет автоматизировать выбор цвета и рисунка изделий при строительстве зданий, внутренней и внешней отделке, оборудовании и дизайне помещения, декорировании строительных изделий узорами, создании узоров ковров, их дизайне.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

NARZULLOEV OYBEK MIRZAYEVICH

**GEOMETRIC MODELING OF FRACTAL STRUCTURE OBJECTS
USING ANALYTICAL METHODS**

**05.01.01 – Engineering geometry and computer graphics.
Audio and video technologies**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.4.PhD/T1933.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Nuraliev Fakhridin Murodillaevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Djumanov Jamoljon Khudayqulovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Mukhiddinov Muhridin Nuriddin o'g'li
Doctor of Philosophy on Technical Sciences (PhD)

Leading organization:

Tashkent State Technical University named
after Islam Karimov

The defense of dissertation will take place on August 24, 2021 year at 12⁰⁰ hours at the meeting of Scientific Council No. DSc.13/30.12.2019.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies in **on-line** mode on the Zoom platform. **Zoom ID: 330 044 4963. Access code: 1.** (Address: 100084, Tashkent, Amir Temur str., 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 222). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph.: (+99871) 238-65-44, fax: (+99871) 238-65-52).

The abstract of the dissertation was sent out on « 12 » august 2021 y.
(mailing protocol No. 4 on « 11 » august 2021 y.).



I.Kh. Siddikov
Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

H.E. Khujamatov
Scientific Secretary of Scientific Council
awarding scientific degrees,
PhD of Technical Sciences, Associate professor

Kh.H. Zaynidinov
Chairman of the Scientific Seminar under
the Scientific Council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Profeccor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop methods and algorithms for geometric modelling of objects with fractal structure, as well as methods of analytical R-function (RFM) and the theory of binomial polynomials with arithmetic properties.

The object of the research work are complex fractal objects in the design of patterns

The scientific novelty of the research work is as follows:

Geometric model and algorithm of fractal objects is developed using the analytical construction R - function (RFM);

the method and algorithm for visualizing Pascal's triangle structures and primes in fractal form is developed;

the method and algorithm for discrete geometric modeling of fractal objects structure using geometric transformations of computer graphics, such as movement, rotation, scaling and reflection, is developed;

a schematic structure of a software tool that automates the visualization of fractal objects using analytical methods is developed.

Implementation of the research results. The dissertation is based on the algorithms and tools developed as a result of research on the geometric modelling of fractal objects using analytical methods:

The manual developed on the basis of the methods of fractal theory, R-function and the theory of binomial polynomials with arithmetic properties was introduced to LLC "SAMARQAND PRODUCTS" (Information of the Ministry of Information Technologies and Communications dated April 27, 2021). As a result, the automation and production of modern fractal patterns on carpets in the design of national carpets will increase the workload by 10% -15% and reduce the workload several times;

the manual, developed on the basis of methods and algorithms for geometric modeling of fractal images through geometric transformations of computer graphics, was introduced to LLC "BELKIS KARPET" As a result, it was possible to increase market demand for the product by 1,1-1,2 times by changing the quality of the product and the color of the pattern desired by the buyer;

a software tool that has a base of algorithms for constructing fractal images, taking into account the theory of algebraic structures and primes based on Pascal's triangle was introduced to BRILLIANT CONCEPT LLC (April 27, 2006) -number reference). As a result, in the field of urban planning, the equipment and design of buildings and structures allowed to reduce the time spent on interior and exterior decoration, which is used for decoration, by an average of 15%.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙҲАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим(I част; part I)

1. Anarova Sh. Nuraliev F. and Narzullov O. Construction of the equation of fractals structure based on the Rvachev R-functions theories. // Journal of Physics: Conference Series. International scientific conference "Mechanical Science and Technology Update". Series 1260 (2019). Omsk, Russia. -8p. (Scopus; IF=0.7).

2. Нарзуллоев О.М., Самидов М.Н. Газлама ва гиламлар учун замонавий дизайндаги нақшларни фрактал кўринишдаги тузилишларини геометрик моделлаштириш “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” журнали. 3(9)/2019. –Б. 16-20. (05.00.00; №5).

3. Anarova Sh.A., Narzullov O.M., Ibragimova Z.E., Samidov M.N. Fraktal naqshlarni o‘zbek milliy gilamlari va jakkard gazlamalarida qo‘llash // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” журнали. 1(11)/2020. –Б. 132-136. (05.00.00; №5).

4. Xurramova R.I., Anarova Sh.A., Narzullov O.M., Ibrohimova Z.E. Gilam dizayni naqshlari uchun Paskal uchburchaklaridan iborat fraktallarni qurishni avtomatlashtirish // “Textile journal of Uzbekistan”. Toshkent, (2)2020. –Б. 88-98. (05.00.00; №17).

5. Nuraliev F.M., Anarova Sh.A. Нарзуллоев О.М. “Mathematical and software of fractal structures from combinatorial numbers” // 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent. Uzbekistan. 2019. – 4 p. (30.09.2019 N269/8 – сон раёсат қарори).

6. Anarova Sh. A., Ibrohimova Z. E., Narzullov O. M., Qayumova G. A. Mathematical modeling of Pascal triangular fractal patterns and its practical application // Springer Nature Switzerland AG 2021, IHCI 2020, LNCS 12615. 2021. Intelligent Human Computer Interaction. 12th International Conference, IHCI 2020 Daegu, South Korea, November 24-26, 2020 Proceeding, Part I. –P. 390–398. (Scopus; IF=0.6).

7. Anarova Shahzoda, Narzullov Oybek, Ibragimova Zulaykho. Development of Fractal Equations of National Design Patterns based on the Method of R-Function // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9. Issue-4. February 2020. –P. 134-141 (01.00.00; № 40).

II бўлим(II част; part II)

8. Нуралиев Ф.М., Анарова Ш.А., Нарзуллоев О.М., О‘zbek milliy liboslarining naqshli dizaynida fraktallar nazaryasining tatbiqi. // “Амалий математика ва информацион технологияларнинг долзарб муаммолари” Халқаро анжуман тезислари тўплами. Toshkent-2019. – В. 258-259.

9. Тўхтасинов М.Т. Нарзуллоев О.М. Локал йўналган образлар асосида юз белгиларини аниқлаш ва таниб олиш усули. // “ТАТУ хабарлари” журнали. № 2(38)/2016. –Б. 12-21.

10. Анарова Ш. А., Нарзуллоев О. М., Замонавий дизайндаги нақшларнинг мураккаб фрактал тузилишларни куришнинг дастурий мухити. // «Ахборот-коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда инновацион ғоялар» Республика илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами. Самарқанд-2020. –Б. 49-51.

11. Anarova Sh. A., Narzulloyev O.M., Ibrahimova Z.E. To‘qimachilik dizaynida murakkab fraktal tuzilishidagi tasvirlardan foydalanish. //«Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция. 3-қисм. Андижон-2020. –В. 246-251.

12. Мухаммадиев А.Ш., Нарзуллоев О.М., Рустамов Б.Х. Алгоритм выделения контуров, основанный на методе сегментации изображений. // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Том 4. Воронеж-2018. –С. 185-189.

13. Нуралиев Ф.М., Анарова Ш.А., Нарзуллоев О.М., Самидов М.Н. Газлама ва гиламларга замонавий дизайндаги нақшларнинг мураккаб фрактал кўринишидаги тузилишларини геометрик моделлаштириш дастурий воситаси // № DGU 07122, 04.11.2019.

14. To‘xtasinov M.T., Mirzayev N., Narzulloyev O.M. Face recognition on the base of local directional Patterns // X International IEEE Scientific and Technical Conference “Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines”. Omsk-2016.

15. Анарова Ш.А., Ибрагимова З.Э., Нарзуллоев О.М., Самидов М.Н., Миргазиев Ж.У., Исмоилов Ш. М. Геометрик фракталларга асосан миллий гиламлар дизайнини куришни автоматлаштириш дастурий воситаси // № DGU 08923, 04.09.2020.

16. Нуралиев Ф.М., Анарова Ш.А., Нарзуллоев О.М., Исмоилов Ш. М., Хуррамова Р.И “Паскаль учбурчаги” фракталларини куришни автоматлаштириш дастурий воситаси // № DGU 08922, 04.09.2020.

17. Nuraliyev F.M. Narzulloyev O.M. Fraktal tuzilishli tasvirlarni geometrik modellashtirish usullari. // Доклады Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении». Самарканд-2019. –В. 184-189.

18. Нуралиев Ф.М., Нарзуллоев О.М. Мураккаб тузилишли фракталларни куришнинг математик таъминоти. // “Fundamental matematika muammolari va ularning tatbiqlari” Respublika ilmiy amaliy konfrensiyasi materiallar to‘plami. 1–qism. Navoiy-2019. –Б. 13–15.

19. Анарова Ш.А., Нуралиев Ф.М., Нарзуллоев О.М. Паскаль учбурчагига асосланган фракталлар ва уларнинг ўлчовлари. // “Ахборот kommunikatsiya texnologiyalari va dasturiy ta’minot yaratishda innovasion

g‘oyalar” Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjumani materiallari to‘plami. 1 tom. Samarqand-2021. –B. 39-42.

20. Anarova Sh. A., Nuraliyev F.M., Narzulloyev O.M. Paskal uchburchagiga asoslangan fraktallar. // “Raqamli технологиялар: соҳаларда амалий жорий этишнинг ечимлари ва муаммолари” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. Тошкент-2021. –B. 4-7.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, ингилиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди (2021 йил 27 июлдаги №94 маълумотнома).

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 37/21.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірограф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.