ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

FRAKTAL TUZILISHLI ISLOMIY VA MILLIY NAQSHLARNI VIZUALLASHTIRISH UCHUN GEOMETRIK MODEL VA ALGORITM

Z.E. Ibrohimova
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali
E-mail: Zuli117@mail.ru
M.Q. Ergasheva
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU
J.S. Abdumajidov
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali

Annotatsiya. Ushbu maqolada me’moriy obidalardagi islomiy va milliy ornamentlarning ko‘p darajali simmetriya, o‘z-o‘ziga o‘xshashlik va iterativ takrorlanish xususiyatlarini kompyuter grafikasida vizuallashtirish uchun geometrik model taklif qilinadi. Tadqiqotda tayanch ko‘pburchak, yulduzsimon motiv, affin o‘zgartirishlar va fraktal iteratsiya qoidalariga asoslangan algoritmik yondashuv ishlab chiqildi. Modelda parametrik boshqaruv orqali n-qirrali rozetta, masshtab koeffitsiyenti, aylantirish burchagi, translatsiya masofasi va iteratsiya chuqurligi kabi ko‘rsatkichlar birlashtirildi. Natijada 6 bosqichli iteratsiya uchun parametr qiymatlari hisoblandi, ularning asosida naqshlarning murakkablashuvi, elementlar soni va vizual zichligi tahlil qilindi. Algoritm blok-sxema ko‘rinishida ifodalanib, matematik model ishlab chiqildi. Olingan natijalar fraktal ornamentlarni raqamli restavratsiya, kompyuter grafikasi, generativ dizayn va ta’limiy vizualizatsiya tizimlarida qo‘llash mumkinligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: islomiy naqsh, milliy ornament, fraktal tuzilish, geometrik model, iteratsiya, kompyuter grafikasi, vizuallashtirish, algoritm, affine transformatsiya.

Abstract. This paper proposes a geometric model and an algorithmic framework for visualizing fractal Islamic and national ornaments embedded in architectural monuments. The method combines polygonal guides, radial star motifs, affine transformations and recursive placement rules. A six-step iteration experiment is reported with explicit parameter values, element counts and resulting pattern snapshots. Mathematical models are formalized as numbered equations and the computational procedure is summarized with a flowchart. The proposed approach supports digital heritage documentation, ornamental reconstruction and generative design applications.

Keywords: Islamic ornament, fractal structure, geometric model, iteration, visualization, procedural algorithm.

Аннотация. В данной статье предлагается геометрическая модель и алгоритмическая структура для визуализации фрактальных исламских и национальных орнаментов, встроенных в архитектурные памятники. Метод

ISSN 3030-3907

сочетает в себе полигональные направляющие, радиальные звездчатые мотивы, аффинные преобразования и рекурсивные правила размещения. Представлен шестиэтапный итерационный эксперимент с явными значениями параметров, количеством элементов и результирующими снимками паттернов. Математические модели формализованы в виде пронумерованных уравнений, а вычислительная процедура представлена в виде блок-схемы. Предложенный подход поддерживает цифровую документацию культурного наследия, реконструкцию орнаментов и приложения генеративного проектирования.

Ключевые слова: исламский орнамент, фрактальная структура, геометрическая модель, итерация, визуализация, процедурный алгоритм.

1. KIRISH.

Sharq me’morchiligida, xususan, masjid, madrasa, maqbara, minora va peshtoqlarda uchraydigan islomiy hamda milliy naqshlar nafaqat bezak vositasi, balki matematik tafakkur, ritm, proporsiya va cheksizlik g'oyasining badiiy ifodasidir. Ushbu naqshlarning ko‘p qismi ko‘pburchakli panjaralar, yulduzsimon rozetkalar, girih bog‘lanishlari, ko‘zguli akslantirish, aylana bo‘ylab takrorlanish va o‘lchamlar bo‘yicha ierarxik tuzilishga ega [1-4].

Raqamli gumanitar fanlar, kompyuter grafikasi va me’moriy merosni hujjatlashtirish sohalarida ornamentlarni qayta qurish uchun formal modellar zarur bo‘lmoqda. Ko‘plab tarixiy naqshlarning fizik holati vaqt o‘tishi, atmosfera ta’siri yoki restavratsiya jarayonlari sababli buzilgan. Shuning uchun naqshlarning geometrik qonuniyatlarini aniqlab, ularni algoritmik ravishda qayta hosil qilish muhim ilmiy-amaliy vazifadir [2], [5], [6].

Fraktal geometriya bunday masalani yechishda qulay nazariy asos beradi. Fraktal obyektlar o‘z-o‘ziga o‘xshashlik, iterativ qurilish, masshtab bo‘yicha takrorlanish va murakkablikning bosqichma-bosqich ortishi kabi xususiyatlari bilan ajralib turadi. Me’moriy obidalardagi ko‘plab bezak tizimlari ham aynan shu prinsiplar orqali tushuntirilishi mumkin: katta kompozitsiya ichida kichik motivning qayta paydo bo‘lishi, markaziy yulduz atrofida halqasimon takrorlanish, hamda elementlarning lokal o‘zgarishlarga qaramasdan global simmetriyani saqlashi [7][10].

Maqolaning maqsadi - me’moriy obidalardagi fraktal tuzilishli islomiy va milliy naqshlarni vizuallashtirish uchun parametrik boshqariladigan geometrik model va algoritm ishlab chiqish, 6 iteratsion bosqich misolida natijaviy naqshlarni olish va ularning ko‘rsatkichlarini tahlil qilishdan iborat.

MUAMMO QO‘YILISHI VA ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Craig Kaplanning islomiy yulduz naqshlari bo‘yicha ishlari naqshlarni absolute geometry, inflation tilings va polygons-in-contact usullari yordamida generatsiya qilish mumkinligini ko‘rsatdi [1]-[3]. Bu ishlarda tarixiy naqshlar dizaynini tiklash va ularni kompyuterda qayta qurish uchun qat'iy geometrik konstruktsiyalar ishlab chiqilgan.

Procedural modeling bo‘yicha Beneš va hammualliflari hamda Merrell va Manocha ishlari murakkab shakllarni qoidalar majmuasi orqali generatsiya qilishning afzalliklarini asoslab berdi [5],[6]. Ularning yondashuvi bezak elementlari, urban shakllar va dekorativ obyektlar uchun mos keladi, chunki parametrlarni o‘zgartirish orqali turli kompozitsiyalarni tezda olish mumkin.

Fraktal va islomiy dizayn o‘rtasidagi bog'liqlikni Abdelsalam, Patuano va Ibrahim singari mualliflar turli ko‘rinishlarda tahlil qilgan. Ular ierarxiya, repetitsiya, ko‘p masshtabli tartib va proporsiyalarni fraktal tafakkur bilan izohlab, zamonaviy dizaynda bu usullarni qo‘llash istiqbollarini ko‘rsatgan [7]-[9]. 2025-yildagi yangi tadqiqotlarda esa masjid ornamentlarini algoritmik reconfiguration qilish uchun raqamli modellar taklif etilgan [10].

2. MATERIALLAR VA USULLAR.

Tadqiqot metodologiyasi uch bosqichdan iborat bo‘ldi: (i) me’moriy naqshlarning geometrik xususiyatlarini tahlil qilish, (ii) parametrik/fraktal modelni tuzish, (iii) model asosida kompyuter vizuallashtirishini amalga oshirish. Tadqiqot predmeti sifatida yulduzsimon rozetta, sakkiz qirrali tayanch, radial bog'lovchi chiziqlar va ularning ierarxik takrorlari olindi.

Asosiy konstruktiv birlik sifatida n-qirrali yulduz motivi tanlandi. Har bir motiv markaz $C=(x_c, y_c)$, tashqi radius R, ichki radius nisbati β, aylanish burchagi φ_0 va takrorlanish bosqichi k orqali ifodalanadi. Motivning 2n ta tugun nuqtasi tashqi va ichki radiuslar navbatma-navbat almashinuvchi siniq ko‘pburchak ko‘rinishida quriladi.

Modelda fraktal vizuallashtirish uchun to‘rtta asosiy parametr joriy qilindi: q - masshtab koeffitsiyenti, λ - yangi motiv markazini ota-motivga nisbatan joylashtirish koeffitsiyenti, Δθ - iteratsion aylantirish qadami, m - har bosqichda hosil bo‘ladigan farzand motivlar soni. Ushbu parametrlar birgalikda naqshning zichligi, bo‘shliqlar strukturasi va simmetriya darajasini boshqaradi.

2.1. Geometrik model

Nuqtalarning koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$P_i = \left(x_c + \rho_i \cos\left(\varphi_0 + \frac{i\pi}{n}\right), y_c + \rho_i \sin\left(\varphi_0 + \frac{i\pi}{n}\right)\right), i = 0,1,\dots,2n-1 \qquad (1)$$

bu yerda radial masofa ρ_i quyidagi qoidaga ko‘ra beriladi:

ISSN 3030-3907

$$\rho_i = \begin{cases} R, & \text{agar } i \text{ juft bo‘lsa,} \\ \beta R, & \text{agar } i \text{ toq bo‘lsa.} \end{cases} \quad (2)$$

Rekursiya bosqichidagi radius quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R_k = q^{k-1} R_0, 0 < q < 1 \quad (3)$$

bu yerda R_0— boshlang‘ich radius, $q$esa masshtablash koeffitsienti.

Har bir keyingi element markazi quyidagicha hosil qilinadi:

$$C_{k,j} = C_{k-1} + \lambda R_{k-1}(\cos\ \theta_j, \sin\ \theta_j) \quad (4)$$

bu yerda λ— siljish koeffitsienti, $\theta_j$esa yo‘nalish burchagi.

k-bosqichdagi geometrik o‘zgartirish operatori quyidagicha yoziladi:

$$T_k(x) = S\,(q^{k-1}) \cdot \mathrm{Rot}\,(\varphi_0 + (k-1)\Delta\theta) \cdot x + C_{k,j} \quad (5)$$

bu yerda:

- $S(q^{k-1})$— masshtablash operatori,
- $\mathrm{Rot}(\cdot)$— burish operatori,
- $C_{k,j}$— siljitish vektori.

k-bosqichgacha hosil bo‘lgan umumiy elementlar soni:

$$N_k = 1 + m + m^2 + \cdots + m^{k-1} = \frac{m^k - 1}{m - 1} \quad (6)$$

bu yerda m— har bir tugundan hosil bo‘ladigan yangi elementlar soni.

Fraktal o‘lchamning yaqinlashgan bahosi esa quyidagicha aniqlanadi:

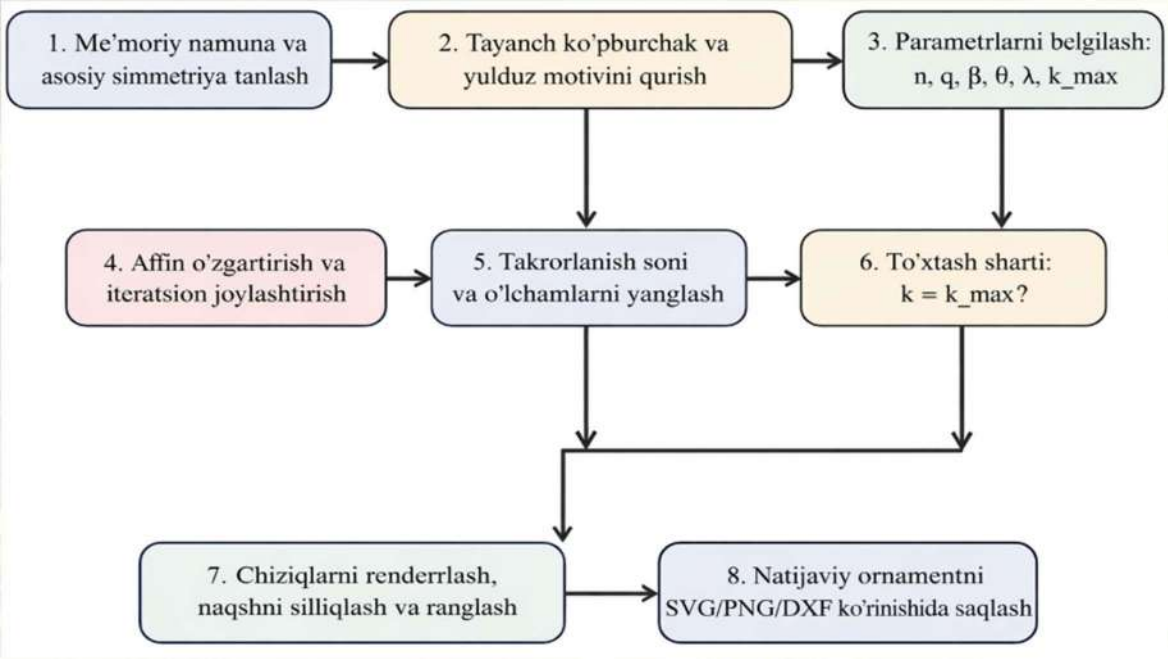
$$D \approx \frac{\log m}{\log\left(\frac{1}{q}\right)} \quad (7)$$

(1)-(2)-formulalar tayanch yulduz motivining uchlari koordinatalarini beradi. Bu yerda β parametrining kamayishi ichki cho‘qqilarni markazga yaqinlashtirib, naqshning uchliroq ko‘rinishini hosil qiladi. n parametri esa simmetriya tartibini belgilaydi; masalan, n=8 bo‘lganda sakkiz qirrali yulduz kompozitsiyasi olinadi.

(3)-formula har bir iteratsiyada lokal elementning masshtabi qanday kamayishini ifodalaydi. q qiymati 0.4-0.6 oralig'ida olinganda naqsh qatlamlari orasida ko‘rinarli tafovut saqlanadi. (4)-(5)-formulalar yangi motiv markazlarini aniqlash va ularni aylantirib joylashtirishni tavsiflaydi. Shu bilan bezakda radial ritm va dinamik muvozanat yuzaga keladi.

(6)-formula iteratsiya chuqurligiga bog'liq ravishda umumiy motivlar sonini, (7)-formula esa idealizatsiyalashgan fraktal o‘lchov ko‘rsatkichini baholash imkonini beradi. Bu baholash naqshning vizual murakkabligini miqdoriy tahlil qilishda foydali.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Fraktal tuzilishli naqshlarni vizuallashtirish algoritmining blok-sxemasi.

2.2. Hisoblash algoritmi.

Algoritm kirish ma'lumotlari sifatida me'moriy obyektga mos simmetriya turi, tayanch ko‘pburchak soni, boshlang'ich radius, ichki radius nisbati, masshtab koeffitsiyenti va maksimal iteratsiya sonini qabul qiladi. Birinchi bosqichda asosiy rozetta qurilib, keyingi bosqichlarda ota-motivning tanlangan cho‘qqilarida farzand motivlar joylashtiriladi.

Har bir yangi motiv uchun avval markaz koordinatasi hisoblanadi, keyin affinni o‘zgartirishlar qo‘llanadi va yulduz chiziqlari qayta chiziladi. Agar k = k_max bo‘lsa, iteratsiya to‘xtatiladi; aks holda, farzand motivlar yana shu qoidaga asosan rekursiv hosil qilinadi. Chiziqlar silliqlanib, natija vektor yoki rastr formatida saqlanadi.

Amaliy realizatsiya uchun Python/Matplotlib muhitida prototip ishlab chiqildi. Bu yondashuv tezkor tajriba o‘tkazish, parametrlarni dinamik o‘zgartirish va natijalarni vizual taqqoslash imkonini berdi. Shu bilan birga, algoritmni keyinchalik C++, OpenGL, WebGL yoki CAD tizimlariga ko‘chirish ham mumkin.

3. NATIJALAR.

Tajriba uchun n=8, β=0.42, q=0.46, λ=0.78, Δθ=0.15 rad va m=4 qiymatlari tanlandi. Ushbu parametrlar markaziy rozetta atrofida to‘rtta yo‘nalishda qatlamma-qatlam rivojlanadigan naqsh hosil qilish imkonini berdi. 6 ta iteratsiya bosqichida motivlar soni va vizual zichlikning o‘sishi kuzatildi.

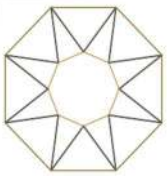
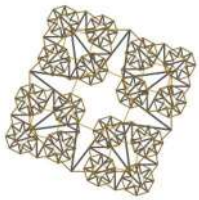
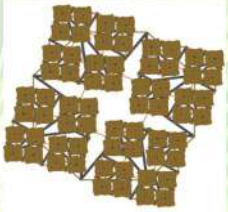
Quyidagi jadvalda har bir bosqich uchun parametrlarning hosilaviy qiymatlari, elementlar soni va natijaviy naqshlar keltirilgan. R_0 = 1 deb

ISSN 3030-3907

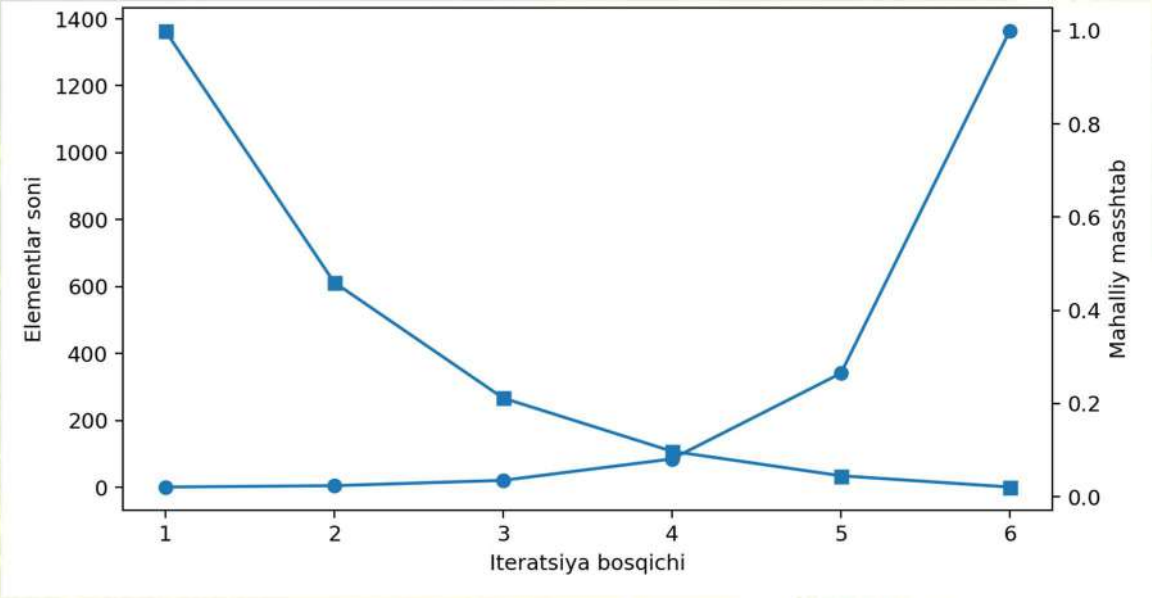
normallashtirilgan holda lokal radiuslar hisoblandi. Jadvaldagi tasvirlar algoritmning amaliy natijasini ko‘rsatadi.

1-jadval.

Iteratsiyaning 6 ta qadamidagi parametr qiymatlari va natijaviy naqshlar.

k	R_k	q^{k-1}	$\theta_{k\ (rad)}$	N_k	Qisqa tavsif	Naqsh
1	1.0	1.0	0.393	1	Boshlang’ich shakl	
2	0.46	0.46	0.543	5	Markaz+4 tarmoq	
3	0.2116	0.2116	0.693	21	Ikkinchi qatlam	
4	0.0973	0.0973	0.843	85	Ko‘p qatlamli modul	
5	0.0448	0.0448	0.993	341	Zich kompozitsiya	
6	0.0206	0.0206	1.143	1365	Yuqori murakkablik	

ISSN 3030-3907



3-rasm. Iteratsiya qadamiga bog‘liq holda elementlar soni va masshtab koeffitsiyentining o‘zgarishi.

Jadval va rasmlardan ko‘rinadiki, 1-bosqichda naqsh yakkamotivli, geometrik jihatdan aniq va bo‘shliqlarga boy kompozitsiyadan iborat. 2- va 3-bosqichlarda markaziy rozetta atrofida qo‘shimcha yulduz modullari paydo bo‘lib, naqsh lokal takrorlanish va bog'lovchi chiziqlar hisobiga boyiydi. 4-bosqichdan boshlab kompozitsiya sezilarli darajada zichlashadi va bo‘sh maydonlar kichik dekorativ bo‘limlarga ajraladi.

N_k formula bo‘yicha k=6 da umumiy motivlar soni 1365 taga yetadi. Bunda har bir motivning chiziqli o‘lchami $q^{(k-1)}$ ga kamaygani sababli umumiy kontur katta kompozitsiya chegaralarini saqlagan holda ichki detallarni ko‘paytiradi. Fraktal o‘lchovning taxminiy bahosi D≈1.81 bo‘lib, bu naqsh tekislikdagi to‘liq to‘ldiruvchi obyekt emas, balki o‘z-o‘ziga o‘xshash chiziqli-to‘rsimon struktura ekanini ko‘rsatadi.

Vizual kuzatishda 5-6 bosqichlarda naqshning amaliy ornament sifatidagi samaradorligi ikki xil yo‘nalishda namoyon bo‘ldi: bir tomondan, murakkablik va badiiy boylik ortdi; ikkinchi tomondan, juda mayda detal ko‘paygani sababli fasad plitkasi, ganch o‘ymakorligi yoki lazerli kesim uchun minimallashtirish va soddalashtirish zarurati paydo bo‘ldi. Shu jihatdan algoritm nafaqat generatsiya, balki optimallash vazifalariga ham xizmat qiladi.

4. MUHOKAMA.

Taklif etilgan model tarixiy naqshlarni nusxalashdan ko‘ra ularning konstruktiv mantig'ini ifodalashga qaratilgan. Bu yondashuv an'anaviy ustachilik tajribasidagi modullilik, simmetriya va proporsional takrorlanish tamoyillarini raqamli shaklda qayta talqin qiladi. Kaplanning yulduz naqshlari bo‘yicha ishlari

ISSN 3030-3907

bilan solishtirilganda, ushbu maqoladagi yondashuv radial rozetta va fraktal rekursiyani birlashtirishi bilan farqlanadi [1]-[3].

Fraktal modelning afzalligi shundaki, bir nechta parametrlarni o‘zgartirish orqali milliy naqshning turli ko‘rinishlarini tez hosil qilish mumkin. Masalan, q koeffitsiyentining ortishi detallarni yirikroq qiladi, β kamayishi motivni o‘tkirlashtiradi, m ortishi esa kompozitsiyani ko‘proq to‘ldiradi. Demak, algoritm dizayner uchun boshqariladigan generativ muhit yaratadi.

Shu bilan birga, modelning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, real me’moriy naqshlar ko‘pincha sof fraktal emas; ularda kalligrafik element, o‘simliksimon islimiy shakllar yoki notekis kompozitsiyalar uchraydi. Ikkinchidan, material texnologiyasi - ganch, koshin, yog'och o‘ymakorligi, tosh o‘ymakorligi - detalning minimal o‘lchamini cheklaydi. Uchinchidan, rang va relyef faktorlarini hisobga olmasdan faqat chiziqli model naqshning barcha estetik qatlamlarini ifodalay olmaydi.

Shunga qaramasdan, maqolada taklif etilgan model restavratsiya, parametrik dizayn va ta'lim uchun qulay hisoblanadi. U yo‘qolgan yoki shikastlangan qismlarni qayta konstruksiya qilish, talabalar uchun geometrik qonuniyatlarni vizuallashtirish, shuningdek zamonaviy media-fasad va interaktiv ekspozitsiyalarda algoritmik ornament hosil qilish imkonini beradi. Bu holat fraktal tafakkurning tarixiy naqshlarni o‘rganishdagi amaliy qiymatini tasdiqlaydi [7]-[10].

4.1. Amaliyotda qo‘llanilishi

1) Raqamli restavratsiya: yuqori aniqlikli surat yoki skan natijasidan tayanch kontur olinib, yetishmayotgan bo‘laklar model parametrlari orqali to‘ldiriladi.

2) Generativ dizayn: interyer paneli, vitraj, lazerli metal bezak, CNC kesma yoki fasad panjaralari uchun bir xil geometrik yadrodan turli variantlar olinadi.

3) Ta’limiy tizimlar: geometriya, algoritmlar va san’at integratsiyasini ko‘rsatish uchun iteratsiya jarayoni vizual laboratoriya sifatida ishlatiladi.

4) Ilmiy tahlil: naqshlarning murakkabligi, elementlar soni, simmetriya tartibi va fraktal o‘lchovi bo‘yicha qiyosiy tadqiqot o‘tkazish mumkin.

5. XULOSA.

Ushbu maqolada me’moriy obidalardagi fraktal tuzilishli islomiy va milliy naqshlarni vizuallashtirish uchun parametrik geometrik model va rekursiv algoritm taklif qilindi. Model yulduzsimon motiv, tayanch ko‘pburchak, affin o‘zgartirishlar va iterativ joylashtirish qoidalariga asoslandi.

Olti bosqichli tajriba natijalari naqsh murakkabligining boshqariladigan tarzda ortishini, motivlar soni va vizual zichlikning parametrlar bilan qat'iy

ISSN 3030-3907

bog'liqligini ko‘rsatdi. Jadval va rasmlar yordamida har bir iteratsiya bosqichidagi natijalar aniq ko‘rsatildi.

Taklif etilgan yondashuvning ilmiy yangiligi shundaki, u tarixiy ornamentni statik tasvir sifatida emas, balki matematik qonuniyatlarga bo‘ysunuvchi generativ tizim sifatida ko‘rib chiqadi. Amaliy ahamiyati esa restavratsiya, raqamli meros, kompyuter grafikasi, generativ dizayn va muhandislik ta'limida namoyon bo‘ladi. Keyingi tadqiqotlarda rang sxemasi, tekstura, relyef chuqurligi, ko‘p qatlamli girih to‘rlari va mashinali o‘rganish asosida naqsh parametrlarini avtomatik identifikatsiya qilish yo‘nalishlari istiqbolli hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kaplan C.S. Computer Generated Islamic Star Patterns // Bridges Conference Proceedings. 2000.
2. Kaplan C.S., Salesin D.H. Islamic Star Patterns in Absolute Geometry // ACM Transactions on Graphics. 2004. Vol. 23, No. 2. P. 97-119.
3. Kaplan C.S. Islamic Star Patterns from Polygons in Contact // Graphics Interface. 2005. P. 177-185.
4. Critchlow K. Islamic Patterns: An Analytical and Cosmological Approach. London: Thames and Hudson, 1976.
5. Beneš B., Wilkie A., Křivánek J. Guided Procedural Modeling // Computer Graphics Forum. 2011. Vol. 30, No. 2. P. 325-334.
6. Merrell P., Manocha D. Model Synthesis: A General Procedural Modeling Algorithm // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2011. Vol. 17, No. 6. P. 715-728.
7. Abdelsalam M. Fractal Dimension of Islamic Architecture // Journal of Science. 2018. Vol. 31, No. 2. P. 77-90.
8. Patuano A. The Fractal Dimension of Islamic and Persian Four-Folding Gardens // Humanities and Social Sciences Communications. 2021. Vol. 8. Article 95.
9. Ibrahim I. Sustainability Implications of Utilizing Islamic Geometric Patterns in Design // Buildings. 2023. Vol. 13, No. 10. Article 2434.
10. Journal of Islamic Architecture. Algorithm Modeling in Islamic Geometric Pattern Reconfiguration: Case Study of Cheng Ho Mosque's Islamic Ornament. 2025. Vol. 8, No. 3.
11. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W.H. Freeman, 1982.
12. Barnsley M. Fractals Everywhere. 2nd ed. Boston: Academic Press, 1993.
13. Dawiec K., Rapacz P. Procedural Generation of Aesthetic Patterns from Dynamics of Discrete Systems // Applied Mathematics and Computer Science. 2017. Vol. 27, No. 4. P. 687-700.

ISSN 3030-3907

14. Branko Grünbaum, G.C. Shephard. Tilings and Patterns. New York: W.H. Freeman, 1987.
15. El-Said I., Parman A. Geometric Concepts in Islamic Art. London: World of Islam Festival Publishing, 1976.

ISSN 3030-3907