ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -10

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 10

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.

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

HUNARMANDCHILIK NAQSHLARI KOMPOZITSIYALARINI SHAKLLANTIRISHNING GEOMETRIK MODELLARI

Egamnazarova Sevaraxon Xasanboy qizi
Qo‘qon davlat universiteti doktoranti
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-7238-8774
E-mail: sevara.gulomova97@gmail.com
Tel: +998903077497

Annotatsiya. Mazkur maqolada O'rta Osiyo milliy hunarmandchilik naqshlarini — ganchkorlik, naqqoshlik va mozaika kompozitsiyalarini — kompyuter yordamida avtomatik yaratishga mo'ljallangan parametrik shakl grammatikasi (PSG) algoritmi taqdim etiladi. Algoritm uch asosiy ustunda qurilgan: simmetriya guruhlarining kristallografik nazariyasi, tutam tahlilining rasmiy matematik apparati va cheklovlar-maqsadlar boshqaruv tizimi. Eksperimental sinovlar p4m va p6m simmetriya guruhlarida bir xil matematik asos orqali ham an'anaviy, ham yangi original naqshlar generatsiya qilish mumkinligini tasdiqlaydi. Taklif etilayotgan yondashuv raqamli madaniy meros, generativ dizayn va aqlli loyihalash tizimlarida qo'llanilishga yaroqlidir.

Kalit so'zlar: parametrik shakl grammatikasi; simmetriya guruhlari; geometrik naqsh generatsiyasi; tutam tahlili; raqamli madaniy meros; generativ dizayn.

Abstract. This article presents a parametric shape grammar (PSG) algorithm designed for the computer-aided automatic generation of Central Asian national craft ornaments, including ganch carving, ornamental painting, and mosaic compositions. The algorithm is based on three fundamental components: the crystallographic theory of symmetry groups, the formal mathematical apparatus of bundle analysis, and a constraint-objective management system. Experimental studies confirm that within the p4m and p6m symmetry groups, both traditional and novel original ornament patterns can be generated using a unified mathematical framework. The proposed approach can be effectively applied in digital cultural heritage, generative design, and intelligent design systems.

Keywords: parametric shape grammar; symmetry groups; geometric ornament generation; bundle analysis; digital cultural heritage; generative design.

Аннотация. В данной статье представлен алгоритм параметрической грамматики форм (PSG), предназначенный для автоматического компьютерного создания национальных ремесленных орнаментов Средней Азии, включая ганчи, художественную роспись и мозаичные композиции. Алгоритм основан на трёх ключевых компонентах: кристаллографической теории групп симметрии, формальном математическом аппарате пучкового анализа и системе управления ограничениями и целевыми функциями. Экспериментальные исследования подтверждают, что в рамках групп

симметрии p4m и p6m возможно генерирование как традиционных, так и новых оригинальных орнаментальных узоров на основе единой математической модели. Предлагаемый подход может быть применён в области цифрового культурного наследия, генеративного дизайна и интеллектуальных систем проектирования.

Ключевые слова: параметрическая грамматика форм; группы симметрии; генерация геометрических орнаментов; пучковый анализ; цифровое культурное наследие; генеративный дизайн.

KIRISH.

O'rta Osiyo hunarmandchilik san'ati — Samarqand, Buxoro, Xiva me'moriy yodgorliklarini bezaydigan ganchkorlik, mozaika va naqqoshlik naqshlari — nafaqat estetik, balki matematik jihatdan ham o'ta murakkab tuzilmaga ega. Bu naqshlar simmetriya, takrorlanish va davriylikning aniq qonuniyatlari asosida qurilgan bo'lib, ularning har biri kristallografiyada aniqlangan 17 ta tekislik simmetriya guruhidan biriga tegishli. Aynan shu matematik tartiblilik ularni kompyuter yordamida formallashtirib, algoritmik jihatdan qayta yaratishga qulay ob'ektga aylantiradi.

Shu bilan birga, mazkur naqshlarni shunchaki vizual nusxalash yetarli emas — muhimi milliy uslubning ichki mantiqini, ya'ni hunarmand qo'llanadigan konstruktiv tamoyillarni aniqlab, ularni rasmiy qoidalar tizimiga aylantirish. Bu masalani hal qilishning eng muvofiq vositasi *shakl grammatikasi* hisoblanadi. Stiny va Gips tomonidan 1971 yilda taklif qilingan shakl grammatikasi (Shape Grammar — SG) yondashuvi [3] vizual tuzilmalarni rasmiy qoidalar orqali ifodalash va yangi tuzilmalar generatsiya qilish imkonini beradi. Keyinchalik parametrik shakl grammatikasiga (PSG) kengaytirilgan bu metod turli sohalarda muvaffaqiyatli qo'llanildi — Cui va Tang [8] Xitoy Zhuang etnik kashtachilik naqshlarini generatsiya qilish tizimini qurishda shu metoddan foydalangan. Biroq O'rta Osiyo milliy hunarmandchilik naqshlarini PSG doirasida to'liq algoritmlashtirish — bilimlarni qazib olishdan tortib butun naqsh generatsiyasigacha — ilmiy adabiyotda hali yetarlicha yoritilmagan.

Mazkur tadqiqotning maqsadi ushbu bo'shliqni to'ldirish: milliy hunarmandchilik naqshlari kompozitsiyalarining tuzilmaviy geometrik modellarini shakllantirish uchun PSG asosidagi algoritmni ishlab chiqish va eksperimental asoslash. Tadqiqot vazifalariga quyidagilar kiradi: (1) naqshlar korpusini shakllantirish va simmetriya guruhlari asosida tasniflash; (2) shakllar lug'ati hamda cheklovlar-maqsadlar tizimini formal ta'riflash; (3) generatsiya algoritmini bosqichma-bosqich konstruktiv tarzda qurish; (4) algoritmning samaradorligini eksperimental sinovlar orqali ko'rsatish.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR TAHLILI. Milliy geometrik naqshlarni kompyuterlashtirish yo'lidagi dastlabki sistemali urinishlardan biri Abas va Salman [1] ning 1992 yilgi ishida amalga oshirildi. Ular islomiy simmetrik naqshlarni kompyuter grafikasida o'rganishning guruh-nazariy metodologiyasini asoslab, naqsh tuzilmasini tahlil qilishda kristallografik simmetriya guruhlaridan foydalanishning ilmiy asosini yaratdi. Bizning tadqiqotimizda ham xuddi shu metodologik asos qabul qilingan — har bir naqsh avval simmetriya guruhi asosida tasniflanadi va fundamental soha aniqlanadi.

Marokash ustalari — Thalal, Benatia, Jali, Aboufadil va hammuallif [2] tomonidan 2011 yilda chop etilgan ish bizning ishimiz uchun alohida ahamiyatga ega. Ular an'anaviy «hasba» va «zellij» metodlarini yog'och ishlash san'ati misolida tahlil qilib, naqsh hosil qilishning panjara-asosli texnikasini batafsil ko'rsatdi. Biz shu texnikadan R0 qoidasi asosida foydalandik — panjara qurilishi aynan «hasba» metodi prinsiplariga tayanadi. Shuningdek, Paccard (1980) Marokash me'moriyatidagi an'anaviy geometrik san'atning muhandislik jihatlarini qayta tiklab, naqsh korpusini shakllantirish bosqichida etalon manba bo'lib xizmat qildi.

Shakl grammatikasining nazariy asosini Stiny va Gips [3] yaratgan bo'lsa, Stiny [4] keyinchalik «Qanday qoidadan foydalanish kerak?» nomli fundamental maqolasida PSG qoidalarini tanlash va tatbiq etishning nazariy prinsiplarini keng yoritdi. Bizning cheklovlar tizimimiz (C1, C2, C3) va maqsadlar tizimi (G1, G2) aynan Stiny [4] ning ushbu ishidagi metodologik tavsiyalari asosida qurilgan — faqat milliy naqshlarning o'ziga xos geometrik talablariga moslashtirilgan holda.

Schattschneider [5] ning 17 ta tekislik simmetriya guruhini to'liq tanib olish metodologiyasiga bag'ishlangan ishi simmetriya tasnifida kalit manba hisoblanadi. Biz naqshlarni p4m va p6m guruhlari bo'yicha tasniflashda va fundamental sohani avtomatik aniqlashda to'g'ridan-to'g'ri shu metodologiyaga tayanamiz. Grünbaum va Shephard [6] esa islomiy san'atdagi o'rish (interlace) naqshlarini «tutam» (strand) tushunchasi asosida tahlil qilishning matematik apparatini ishlab chiqdi. Ushbu tutam tushunchasi bizning algoritmimizda markaziy o'rin egallaydi — generatsiya jarayonining har bir fazasi aynan tutam qurishga asoslanadi.

Ostromoukhov [7] bezak naqshlarni kompyuter yordamida generatsiya qilishning matematik asboblari majmuasini tavsif etib, V-burchak parametrlari (θ, L1, L2) orqali tutamni ifodalash usulini ko'rsatdi. Biz ushbu parametrlash sxemasini R1 qoidasini qurishda asosiy matematik vosita sifatida ishlatdik. Xuddi shu parametrlar C1 cheklovining formulasini ham belgilab berdi:

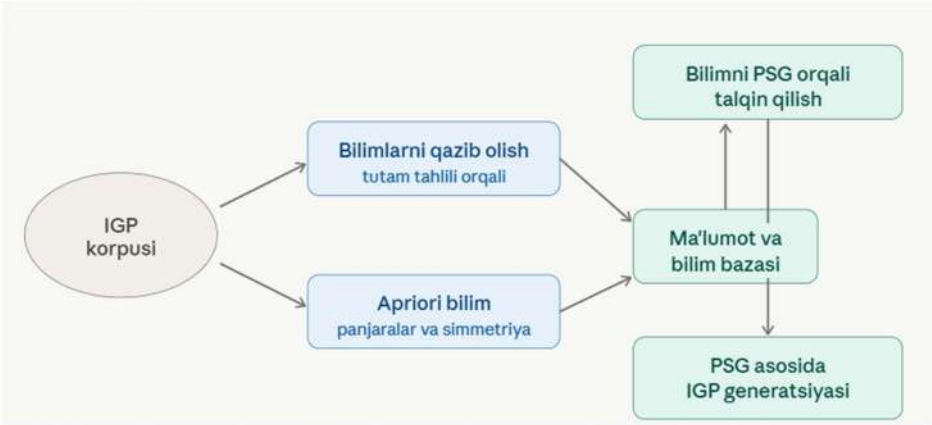
$$\theta \in \{2\pi/G_0 \times i,\ i \geq 2\}.$$

ISSN 3030-3907

Islomiy geometrik naqshlar generatsiyasida PSG ga eng yaqin turgan ish Jowers, Prats, Eissa va Lee [9] ning 2010 yilgi tadqiqoti hisoblanadi. Ular islomiy naqshlar generatsiyasida emergentlik hodisasini — boshlang'ich qoidalardan kutilmagan yangi shakllarning paydo bo'lishini — o'rgandilar. Bizning algoritmimiz ham xuddi shu xususiyatga ega: bir xil kiruvchi panjara va simmetriya guruhida turlicha qoidalar ketma-ketligi tamomila boshqa-boshqa motivlar hosil qiladi. El Ouaazizi, Nasri va Benslimane [10] esa islomiy rozetta naqshlarini simmetriya guruhi asosida avtomatik tanib olish texnikasini taklif etdi. Bu ish bizning tadqiqotimizga teskari yo'nalishda yondashadi: ular tayyor naqshdan simmetriyani ajratsa, biz simmetriyadan naqsh yasaymiz — ikkalasi birgalikda yaxlit bilim doirasini tashkil etadi.

Shunday qilib, mavjud ishlar naqshlarni tahlil qilish yoki alohida aspektlarini formallashtirishga qaratilgan bo'lsa, bizning tadqiqotimiz ushbu elementlarni — panjara qurilishi, tutam tahlili, simmetriya transformatsiyalari va cheklovlar tizimini — yagona algoritmik zanjirga birlashtiradi. Bu farq tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligini tashkil etadi.

METODOLOGIYA. Taklif etilayotgan metod ikki asosiy komponentdan iborat: birinchisi — mavjud milliy naqshlarni tahlil qilib, hunarmandchilik uslubiga xos bilimlarni PSG ga kodlash; ikkinchisi — shu grammatika qoidalari yordamida yangi, original davriy naqshlarni generatsiya qilish [1, 2, 3]. **1-rasmda** ushbu metodning blok-sxemasi keltirilgan: naqshlar korpusi → bilimlarni qazib olish → PSG qoidalari → generatsiya jarayoni. Bu to'rt komponent bir-biriga uzluksiz bog'liq bo'lib, yaxlit tizimni tashkil etadi.

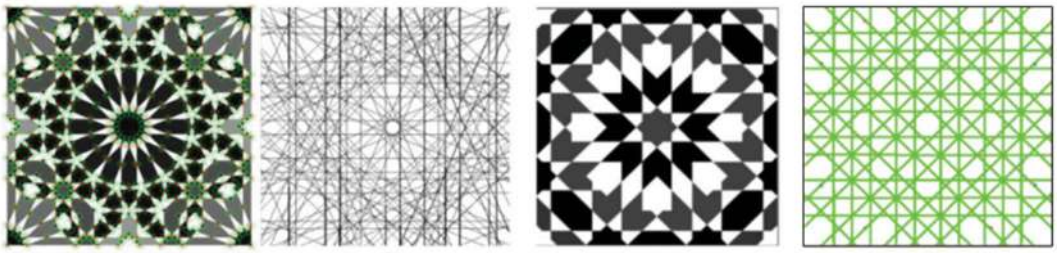


1-rasm. PSG asosida milliy hunarmandchilik naqshlarini tahlil qilish va generatsiya qilish metodining blok-sxemasi

Naqshlar korpusi va simmetriya tasnifi. PSG ni qurish uchun avval Markaziy Osiyo va Yaqin Sharq mintaqasidagi tarixiy naqshlarning keng qamrovli korpusi shakllantirildi. Abas va Salman [1] ning metodologiyasiga ko'ra, naqshlar geometrik valentligi bo'yicha turli tartibli rozettalar asosida tasniflanadi — uch burchaklilardan to o'n ikki burchaklilarigacha. Simmetriya guruhlari

ISSN 3030-3907

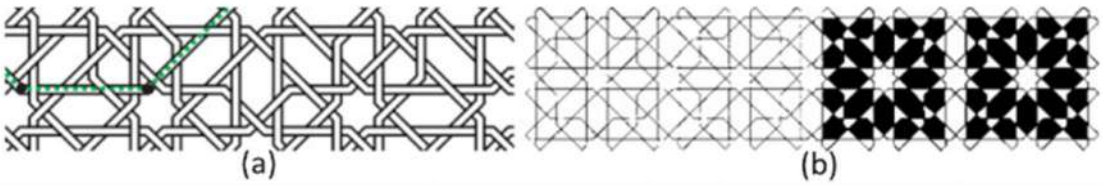
bo'yicha taqsimlanganda, amaliyotda eng ko'p uchraydigan guruhlar *p4m* (kvadrat panjara) va *p6m* (olti burchakli panjara) ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu Schattschneider [5] tomonidan aniqlangan 17 ta simmetriya guruhidan eng ko'p qo'llaniladigan ikki guruh bo'lib, O'rta Osiyo ganchkorligining geometrik rang-barangligi aynan ushbu ikki strukturada mujassamlashgan.



2-rasm. Zellij naqshi namunalari: (a, b) — Marrakeshdagi Saidi maqbaralaridan; (c, d) — Fezdagi Attarine madrasasidan

Thalal va boshq. [2] tomonidan tavsiflab berilgan «hasba» va «zellij» metodlariga ko'ra, naqshning asosini panjara tuzilmasi tashkil etadi. **2-rasmda** ko'rsatilganidek, bu panjara chiziqlar va aylanalarning kesishmasidan hosil bo'lib, barcha murakkab geometrik elementlar ana shu asosiy tarmoq bo'ylab tanlab olinadi. Panjara q bo'linma birligi va h o'lchov parametri bilan tavsiflanadi. Bizning algoritmimizda panjara R0 qoidasiga binoan fundamental sohaga qo'shiladi, generatsiya tugagach esa R4 orqali olib tashlanadi — bu to'g'ridan-to'g'ri an'anaviy ustalarning ish tartibini aks ettiradi.

Grünbaum va Shephard [6] tomonidan kiritilgan tutam (*strand*) tushunchasi naqsh tuzilmasini rasmiylashtirishning asosiy vositasi sifatida qabul qilindi. Tutam — V-model burchaklardagi ulangan segmentlar to'plami. **3-rasmda** o'rilgan va o'rilmagan davriy naqshlar hamda ularning tutamlari ko'rsatilgan.



3-rasm. O'rilgan davriy naqsh (a) va o'rilmagan davriy naqsh (b) namunalari. V-model burchaklardagi tutash segmentlar qora doira bilan belgilangan

PSG ning rasmiy apparatini qurish uchun Stiny va Gips [3] ning asl shakl grammatikasi nazariyasiga asoslanib, milliy naqshlar geometriyasiga moslashtirilgan besh ta'rif joriy etiladi:

Ta'rif 1 (Segment). Segment $l = \{p_1, p_2\}$ — ikki turli nuqta p_1 va p_2 ning har qanday jufti; ular chiziqning uchi nuqtalari deyiladi.

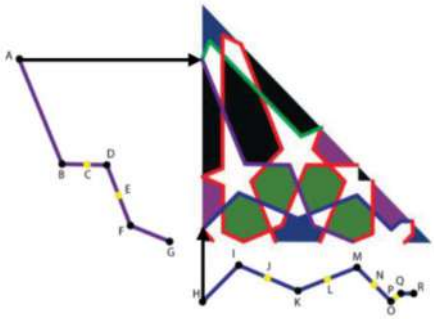
ISSN 3030-3907

Ta'rif 2 (Shakl). Shakl — boshqa chiziqqa aylantirish mumkin bo'lmagan, cheklangan sondagi alohida chiziqlar to'plami. Shaklning ifodalanishi yagona bo'ladi.

Ta'rif 3 (Belgilangan nuqta). Belgilangan nuqta (p, V_i) — «V_i» belgisi bilan ta'minlangan p nuqtasidir.

Ta'rif 4 (Belgilangan shakl). Belgilangan shakl $\sigma = \langle s, P \rangle$ tartibli juft: s — shakl, P — belgilangan nuqtalarning cheklangan to'plami.

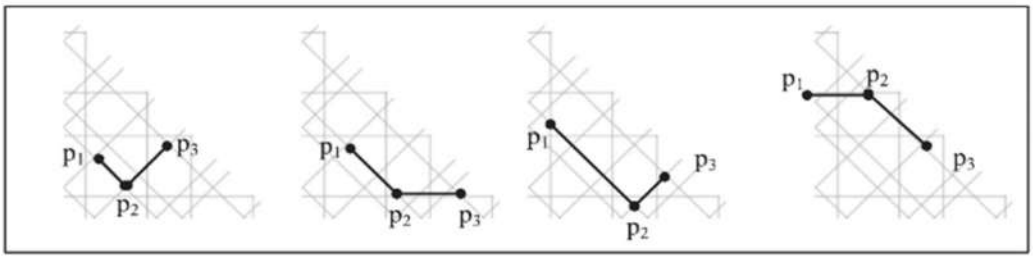
Ta'rif 5 (Shakllar oilasi). Shakllar oilasi $g(s)$ — parametrlashtirilgan shakl bo'lib, s shaklidagi maksimal chiziqlarning koordinatalari o'zgaruvchi sifatida ko'riladi; θ burchagi va L1, L2 kesishish parametrlari orqali aniqlanadi **(4-rasm)**.



4-rasm. Tutamning ko'rsatilishi: AB, BD, DF, FG segmentlari B, D, F V-burchaqlarda birlashadi

Ostromoukhov [7] ko'rsatganidek, kuzatiladigan asosiy parametrlar — V-burchak burchagi $\theta = (p_1p_2p_3)$ va segmentlar uzunliklari l_1, l_2 hisoblanadi.

Amalda l_1 va l_2 panjara chiziqlaridagi kesishishlar soni L1 va L2 orqali o'lchanadi . G_0 simmetriya tartibi bilan tavsiflanadigan panjara uchun mumkin bo'lgan V-shakllar burchaglari $\{2\pi/G_0 \times i,\ i \geq 2\}$ to'plamiga mansub — bu C1 cheklovining matematik ifodasi **(5-rasm)**.



5-rasm. Shakllar oilasi elementlarining namunalari turli θ, L1, L2 qiymatlari uchun

Stiny [4] belgilagan shakl algebrasi doirasida algoritmimizda quyidagi to'rt asosiy amal qo'llaniladi:

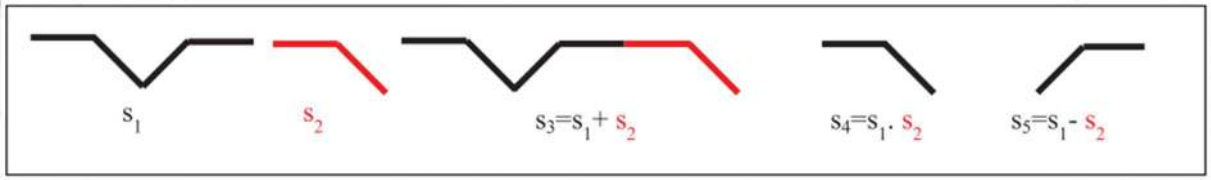
– $s_2 \leq s_1$ — quyi-shakl: s_2 ning har bir maksimal chizig'i s_1 da mavjud bo'lsa;

– $s_3 = s_1 + s_2$ — birlashma (union);

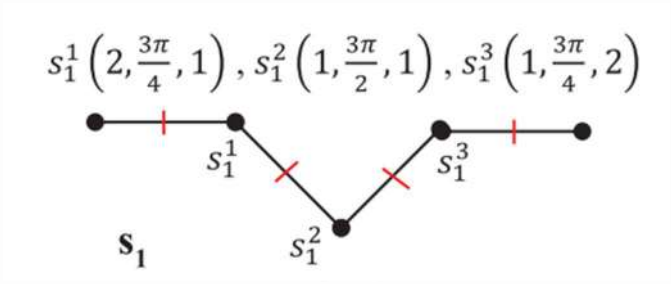
– $s_4 = s_1 \cdot s_2$ — kesishma (intersection);

ISSN 3030-3907

$-s_5 = s_1 - s_2$ — ayirma (difference).



6-rasm. Shaklarning tenglik munosabatlari: quyi-shakl, birlashma, kesishma, ayirma



7-rasm. Shaklarning kompozitsiyasi.

Shakllarning identiklik munosabatlari — bu shakllarni bo‘lish, birlashtirish, kesishish, ayirma va boshqa amallar orqali boshqa shakllardan hosil qilish yoki ajratish munosabatlaridir. **6-rasmda** ushbu amallarning ko‘rinishi berilgan.

- Agar va faqat agar s_2 ning har bir maksimal chizig‘i s_1 ichida mavjud bo‘lsa, s_2 shakli $s_1$ning qism-shakli hisoblanadi va $s_2 \leq s_1$ ko‘rinishida belgilanadi.
- s_1 va s_2 shakllarining birlashmasi $s_3 = s_1 + s_2$ deb belgilanadi.
- s_1 va s_2 shakllarining kesishmasi $s_4 = s_1 \cdot s_2$ deb belgilanadi.
- s_1 va s_2 orasidagi ayirma $s_5 = s_1 - s_2$ deb belgilanadi (8-rasm) .

Biz s_1 ni quyidagicha aniqlashimiz mumkin:

$$s_1 = s_1^1 + s_1^2 + s_1^3$$

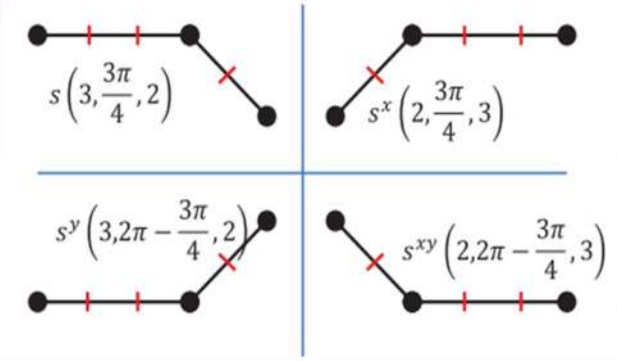
bu yerda **(7-rasmda ko‘rsatilganidek):**

$$s_1^1\left(2,\frac{3\pi}{4},1\right),\ s_1^2\left(1,\frac{3\pi}{2},1\right),\ s_1^3\left(1,\frac{3\pi}{4},2\right)$$

Shuningdek, s_1s1 ni quyidagicha ham aniqlash mumkin:

$$s_1 = s_1^1\left(2,\frac{3\pi}{4},1\right) + s_1^2\left(1,\frac{3\pi}{2},1\right) + s_1^3\left(1,\frac{3\pi}{4},2\right) = s_1\left(2,\frac{3\pi}{4},1+1,\frac{3\pi}{2},1+1,\frac{3\pi}{4},2\right) == s_1\left(2,\frac{3\pi}{4},2,\frac{3\pi}{2},2,\frac{3\pi}{4},2\right)$$

ISSN 3030-3907



8-rasm. Shakllar transformatsiyalari: ko'chirish (translyatsiya), aylantirish (rotatsiya), aks ettirish (refleksiya)

Ushbu transformatsiyalar ko'chirish (translyatsiya), aylantirish (rotatsiya), aks ettirish (refleksiya), masshtablash yoki ularning cheklangan kompozitsiyalaridan iborat. "s" shakliga nisbatan "t" transformatsiyasi t(s) bilan belgilanadigan shakl ko'rinishida ifodalanadi. Masshtablashni o'z ichiga olmagan transformatsiya izometrik transformatsiya deb ataladi. **8-rasm** "s" shaklining X o'qi va Y o'qi bo'yicha ko'zgusini ko'rsatadi:

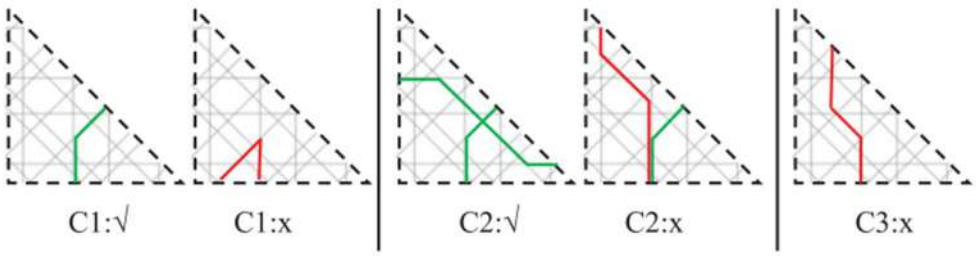
$$mx(s) = ,\quad my(s) = s^y,\quad mxy(s) = my(s^x) = mx(s^y)s^x$$

Algoritm ishonchliligi va milliy uslub autentikligini ta'minlash uchun Stiny [4] ning metodologik tavsiyalari asosida uch cheklov va ikki maqsad belgilandi [4]. Cheklovlar noto'g'ri naqshlar generatsiyasini to'sadi, biroq xilma-xillik imkoniyatini cheklamaydi:

–**C1:** Har bir tutamning V-burchagi $\theta \in \{2\pi/G_0 \times i,\ i \geq 2\}$ to'plamiga mansub bo'lishi kerak — bu panjara simmetriya tartibidan kelib chiqadigan geometrik majburiyat;

–**C2:** Belgilangan shaklning birorta segmenti boshqa belgilangan shakka tegishli bo'lmasligi kerak — tutamlarning bir-biriga qorishib ketishini oldini oladi;

–**C3:** Har bir tutam segmenti panjaraning bir qismi bo'lishi shart — naqshning an'anaviy konstruktiv mantiqqa muvofiqligini ta'minlaydi **(9-rasm)**.



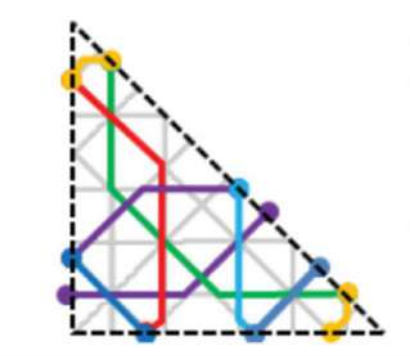
9-rasm. C1, C2, C3 cheklovlarni tekshirishning ko'rsatilishi

Maqsadlar generatsiya jarayonining to'xtatish shartini belgilaydi:

–**G1:** Tutamning fundamental soha tomonlarida tugashi — faza maqsadi; bir tutam muvaffaqiyatli generatsiya qilindi degan signal **(10-rasm)** ;

ISSN 3030-3907

–**G2:** Cheklovlarga mos keladigan birorta qoida qolmaydigan holat — yakuniy maqsad; butun motivning to'liq qurilganligini bildiradi.



10-rasm. G1 (tutam fundamental soha tomonida tugashi) va G2 (qoidalar tuganishi) holatlari

Algoritm to'qqiz shakl qoidasidan foydalanadi — ularning olti tasi shablon motivini, uch tasi simmetriyani boshqaradi [4]. Panjara qurilishida Thalal va boshq. [2] tomonidan tavsiflab berilgan an'anaviy «hasba» metodi asosida quyidagi qoidalar qo'llaniladi:

–**R0:** Fundamental sohaga panjara qo'shish: $sc = s_i \cdot Panjara$ (kesishma amali). Panjara «hasba» metodiga ko'ra aniqlanadi;

–**R1:** Joriy tutamga *g(s)* shakllar oilasidan tanlangan *sg* shaklini qo'shish: $sc = sc + sg$. θ, L1, L2 parametrlari orqali boshqariladi;

–**R2:** Tanlangan *sg* shaklining V-burchagiga mos panjara tugunini o'chirish;

–**R3:** Ikki tutam kesishmasidan hosil bo'lgan X-burchakdagi panjara tugunini o'chirish;

–**R4:** Panjara va fundamental soha konturini olib tashlash — asosiy kompozitsion tuzilmani ochib berish;

–**R5:** Generatsiya qilingan eskizni bo'yash.

–**R6:** Berilgan chiziq bo'yicha shaklni ko'zguda aks ettirish (refleksiya);

–**R7:** Berilgan nuqta atrofida shaklni aylantirish (rotatsiya);

–**R8:** Aks ettirib, so'ng berilgan vektor bo'yicha ko'chirish (glide-refleksiya);

–**R9:** Birlik motivini ikki siljish vektori orqali ko'paytirish — tekislikni to'ldirish.

11-rasmda shablon motifni (andoza naqshni) yaratish uchun qo‘llanilgan shakl qoidalarining illyustratsiyasi/tasviri berilgan.

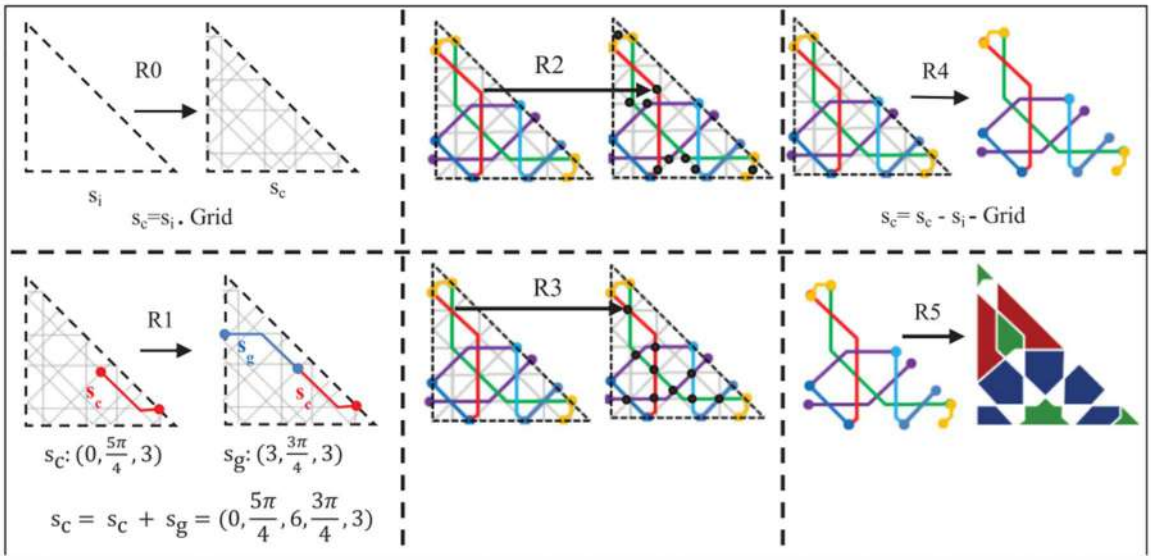
Simmetriya shakli qoidalari (Symmetry Shape rules) Bu qoidalar to‘plami shablon motifning izometrik o‘zgarishlariga (transformatsiyalariga) tegishli. R6:R8 qoidalari takrorlanuvchi birlik motifni hosil qilish uchun, R9

ISSN 3030-3907

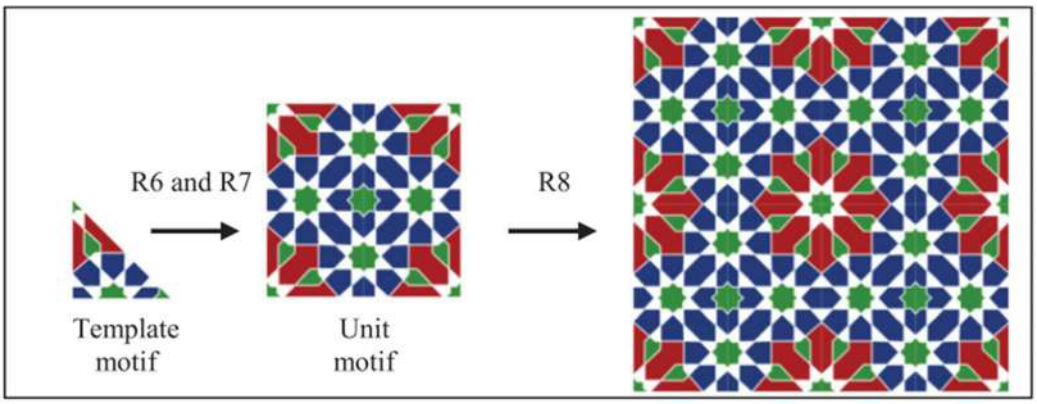
qoidasi esa birlik motif nusxalaridan foydalanib tekislikni qoplash uchun ishlatiladi (12-rasm).

•**R6:** berilgan chiziq bo‘ylab aks ettirish orqali shaklning (fundamental sohaning) ko‘zgudagi aksini yaratish.

•**R7:** berilgan nuqta atrofida burish orqali shaklning (fundamental sohaning) burilgan nusxasini yaratish.



11-rasm. Shablon motivini yaratish uchun R0–R5 qoidalarini qo'llash bosqichlari



12-rasm. Simmetriya shakl qoidalari: R6 (refleksiya), R7 (rotatsiya), R8 (glide-refleksiya), R9 (translyatsiya)

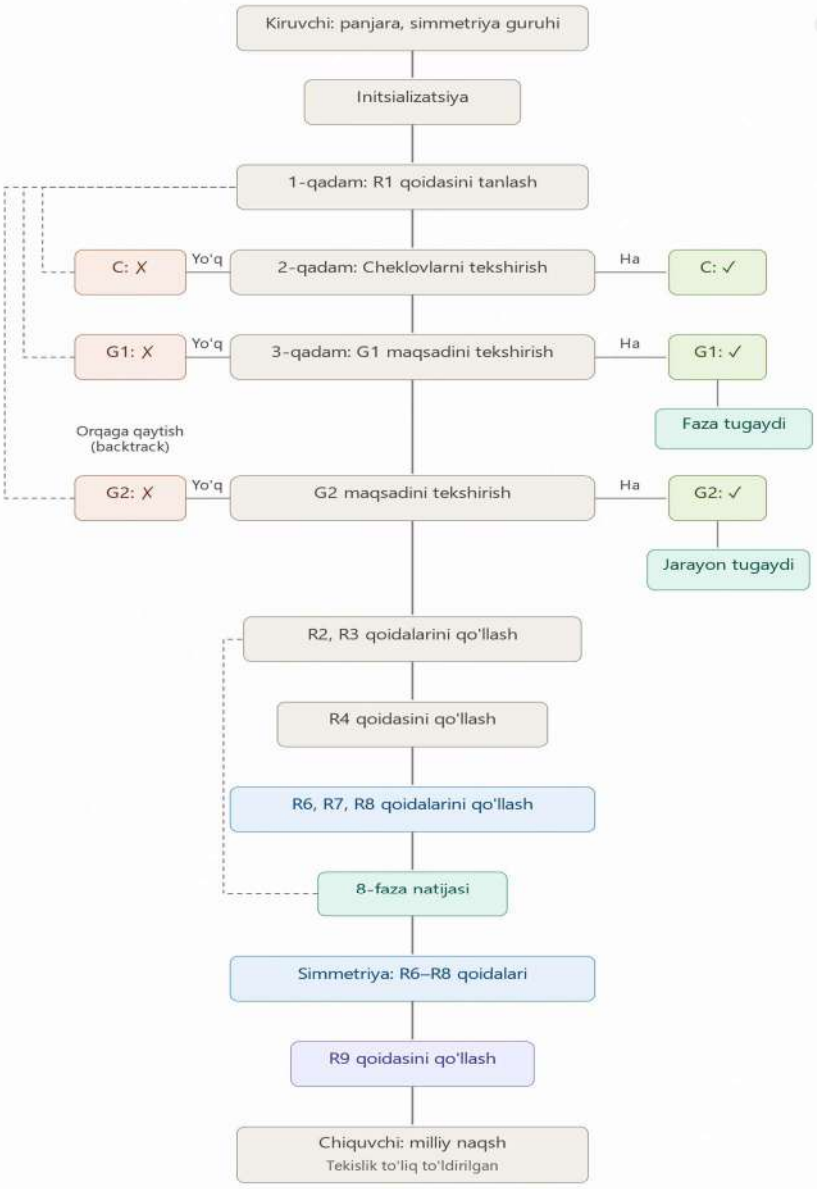
NATIJALAR. Yuqorida tavsiflangan matematik apparat asosida PSG algoritmi quyidagi uch fazada ishlaydi. Jowers va boshq. [9] ko'rsatgan emergentlik tamoyiliga ko'ra, har bir faza avvalgi faza natijasini aksiomat sifatida qabul qiladi va o'z grammatikasini qo'llaydi — shu tarzda murakkablik bosqichma-bosqich ortib boradi:

1. **Shablon motivi** (template motif): R0 bilan panjara qo'shiladi, R1–R3 orqali G1 maqsadi bajarilgunicha tutamlar chiziladi, R4–R5 bilan panjara olib tashlanadi;

ISSN 3030-3907

2. **Birlik motivi** (unit motif): R6–R8 simmetriya qoidalari kiruvchi simmetriya guruhiga ko'ra qo'llaniladi, fundamental sohadan birlik motivi hosil bo'ladi;

3. **To'liq naqsh:** R9 qoidasi orqali birlik motivi ikki siljish vektori bo'yicha ko'paytiriladi — tekislik to'ldiriladi.



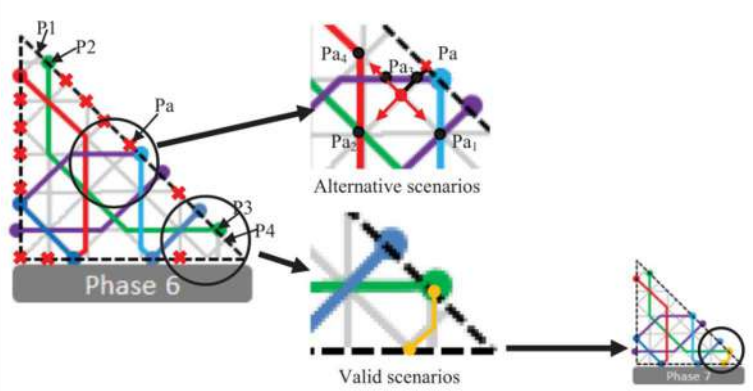
13-rasm. Shakl grammatikasi asosida milliy hunarmandchilik naqshlarini generatsiya qilish umumiy jarayoni

Algoritmning to'liq pseudo-kodi 1-algoritmda keltirilgan. Kiruvchi ma'lumotlar: panjara va simmetriya guruhi. Ostromoukhov [7] ko'rsatganidek, simmetriya guruhini bilish fundamental sohaning shaklini avtomatik aniqlash va R6–R8 transformatsiyalar ketma-ketligini belgilash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

1-ALGORITM: Milliy hunarmandchilik naqshi generatsiyasi
Kiruvchi: panjara, simmetriya guruhi G_0
Chiquvchi: milliy hunarmandchilik naqshi
1. s_1 shakliga panjara qo'shish (R0): $s_1 \rightarrow s_2$
2. P1 — fundamental soha va panjara kesishmasidagi belgilangan nuqtalar ro'yxatini aniqlash
3. G_0 dan g(s) shakllar oilasini aniqlash
4. P1 dan tasodifiy boshlang'ich nuqta tanlash
5. G2 maqsadi bajarilmaguncha takrorlash:
5.1. R1 qoidasi: g(s) dan sg tanlab, sc = sc + sg; parametrlar: θ, L1, L2
5.2. C1, C2, C3 cheklovlarni tekshirish; buzilsa — muqobil sg yoki backtrack
5.3. G1 bajarilsa — joriy faza tugaydi, natija keyingi faza uchun aksiomat
6. R2, R3: ishlatilgan panjara tugunlarini o'chirish
7. R4: panjara va fundamental soha konturini olib tashlash
8. R6–R8: simmetriya guruhiga mos transformatsiyalarni qo'llash
9. R9: birlik motivini ko'paytirish — tekislikni to'ldirish

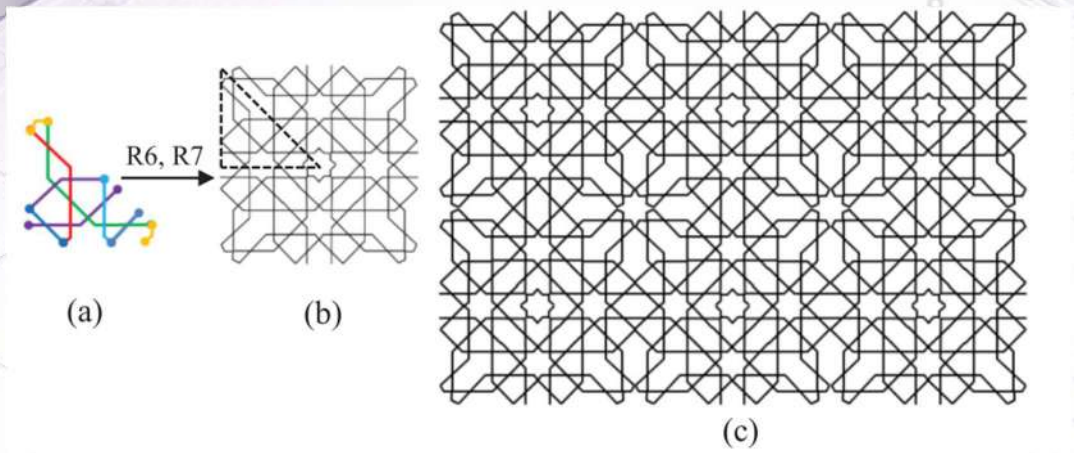
Muqobil ssenariylar va backtrack mexanizmi. Generatsiya jarayoni deterministik emas — bir xil boshlang'ich shartlarda turli ssenariylar mumkin. 14-rasmda to'g'ri va muqobil ssenariylar ko'rsatilgan. Tahlil shuni ko'rsatadiki, Pa_1 nuqtasidan boshlanuvchi tutamlar G1 maqsadiga erisha olmaydi, chunki: Pa_1 va Pa_2 R3 qoidasiga ko'ra o'chirilgan; Pa_4 R2 qoidasiga ko'ra o'chirilgan; C2 cheklovi Pa_3 da yo'nalish o'zgartirishga yo'l qo'ymaydi.



14-rasm. Generatsiya jarayonining muqobil (x bilan belgilangan) va to'g'ri ssenariylari

Algoritmning backtrack mexanizmi bunday holatlarda avtomatik ishga tushib, muqobil boshlang'ich nuqta yoki R1 qoidasining boshqa parametrlarini sinab ko'radi. Faqat {P1, P2, P3, P4} to'plamidan boshlanadigan chiziqlar G1 maqsadiga to'g'ri keluvchi 7–8 faza natijalariga olib keladi. Bu Jowers va boshq. [9] qayd etgan emergentlik hodisasining aniq misoli: ba'zi boshlang'ich shartlar yopiq motivlarga olib kelsa, boshqalari olib kelmaydi.

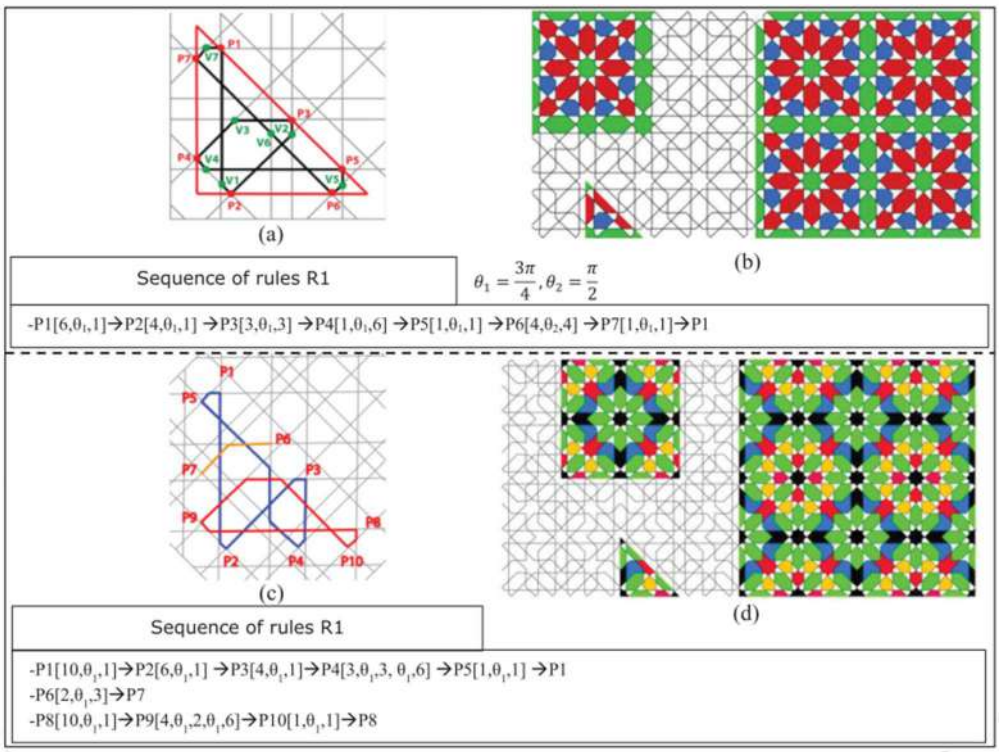
ISSN 3030-3907



15-rasm. Bosqichma-bosqich generatsiya: (a) shablon motivi qurilishi; (b) p4m uchun birlik motivi (R6–R8 qoidalari); (c) to'liq naqsh (R9 qoidasi)

Eksperimental sinovlar natijalari

Algoritmni sinovdan o'tkazish maqsadida bir xil panjara va simmetriya guruhida shakl qoidalarini turlicha qo'llash orqali bir nechta naqsh to'plamlari generatsiya qilindi. Natija Cui va Tang [8] ning Zhuang kashtachiligi bo'yicha olingan xulosasiga mos keladi: bir xil grammatik asos tamomila boshqacha ko'rinadigan motivlar hosil qilishi mumkin.

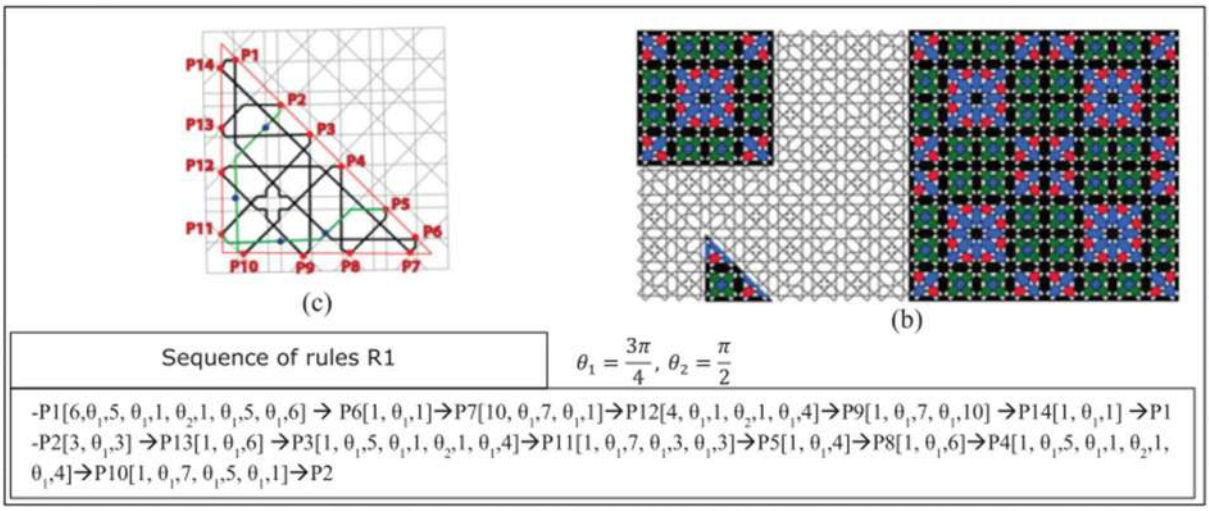


16-rasm. Bir xil panjara va PSG yordamida generatsiya qilingan motivlar: (a, c) — fundamental sohada shablon motivlari; (b) — an'anaviy milliy naqsh; (d) — yangi original naqsh

16-rasmda ko'rishimiz mumkinki, (b) va (d) naqshlari bir xil panjara va bir xil simmetriya guruhidan kelib chiqqan, biroq R1 qoidasida turli θ va L1, L2 parametrlari tanlanganligi tufayli tamomila boshqacha ko'rinishga ega. Bu

ISSN 3030-3907

algoritmning milliy uslub autentikligini saqlab, bir vaqtda yangilik yarata olish qobiliyatini ko'rsatadi.

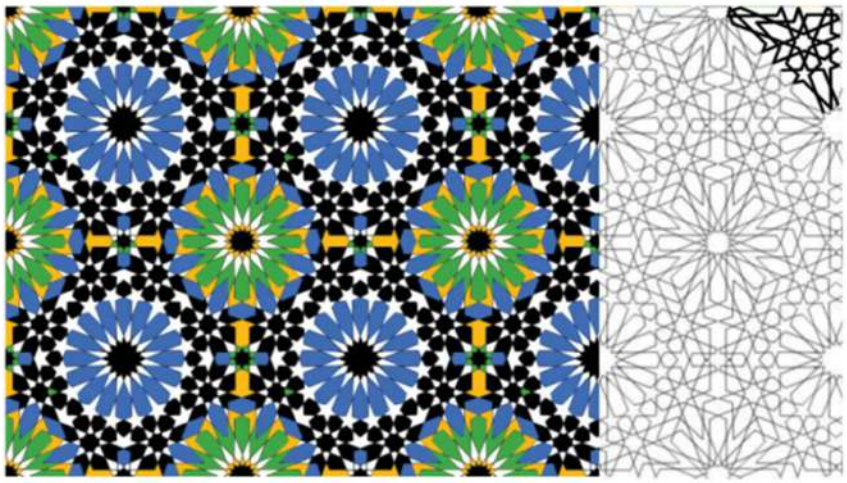


17-rasm. Katta o'lchamda generatsiya: (a) fundamental sohada qoidalar; (b) birlik motivi va tekislik to'ldirilishi

17-rasmda taklif qilinayotgan parametrik shakllar grammatikasini 16-rasmdagi kabi bir xil dastlabki shakl va bir xil simmetriya guruhiga, ammo yirikroq o‘lchamdagi aynan o‘sha to‘rga (setkaga) qo‘llash orqali olingan yangi motivlar tasvirlangan.

Murakkab motivlarni generatsiya qilishda qoidalar ketma-ketligi aniq formula bilan yoziladi. Masalan, P10 dan P2 gacha bo'lgan tutam [4] quyidagicha ifodalanadi:

$$P10[1, \theta_1, 7, \theta_1, 5, \theta_1, 1] \rightarrow P2 = P10[[R1,(1,\theta_1,4)] + [R1,(3,\theta_1,3)] + [R1,(2,\theta_1,1)]] \rightarrow P2$$



18-rasm. An'anaviy panjara asosida generatsiya qilingan murakkab yangi motiv — 2-rasmdagi motivning panjara strukturasini saqlab, tamomila yangi ko'rinish hosil qiladi

Taklif etilayotgan usuldan foydalangan holda, **18-rasmda** ko‘rsatilganidek, an’anaviy motivlarning (naqshlarning) xususiyatlarini saqlab qolgan holda,

ISSN 3030-3907

murakkab dizaynlarni yaratishda yanada kengroq moslashuvchanlikka (fleksibillikka) erishiladi

MUHOKAMA. Natijalar tahlili bir necha muhim xulosaga imkon beradi. Birinchidan, cheklovlar tizimi (C1–C3) algoritmning kalit afzalligi hisoblanadi. Stiny [4] ta'kidlaganidek, yaxshi cheklovlar tizimi nafaqat noto'g'ri naqshlarni to'sadi, balki dizaynerni cheksiz imkoniyatlar o'rniga maqsadli izlash fazosiga yo'naltiradi. Bizning tajribamiz ham shu narsani ko'rsatdi: C1 cheklovi bilan boshqarilgan R1 qoidasi sakkizinchi tartibli panjara uchun 200 dan ortiq mumkin bo'lgan konfiguratsiyani beradi — bu xilma-xillik uchun yetarli, ammo cheksiz emas.

Ikkinchidan, algoritmning asosiy ilmiy hissasi — bilimlarni qazib olish (Abas va Salman [1] va Thalal va boshq. [2] ishlari asosida) va generatsiya jarayonlarini (Stiny va Gips [3] grammatikasi asosida) birinchi marta yagona zanjirga birlashtirganligidir. Avvalgi ishlar bu ikki jihatni odatda alohida ko'rib chiqar edi. El Ouaazizi va boshq. [10] tahlildan simmetriyani chiqarsa, biz simmetriyadan tahlil quramiz — ushbu tadqiqot shu ikki yo'nalishni tutashtiradigan ko'prik vazifasini o'taydi.

Algoritmning asosiy cheklovi — hisoblash murakkabligining kiruvchi panjara tartibiga nisbatan keskin o'sishi. Backtrack mexanizmi qoidalar ketma-ketligi bo'yicha o'rganishni amalga oshirmaydi — har safar yangidan qidiradi. Ostromoukhov [7] tomonidan asoslangan matematik apparat ushbu murakkablikni boshqarishda asqotadi, biroq katta tartibli panjaralar uchun yetarli emas. Bunday panjaralar uchun mashinali o'rganish yordamida qoidalar ketma-ketligini oldindan bashorat qilish keyingi tadqiqotlarning mantiqiy yo'nalishi bo'lib, El Ouaazizi va boshq. [10] ning naqsh tanib olish algoritmlari bu yo'nalishda qulay tayanch nuqtasi bo'la oladi.

Tadqiqotning kelajakdagi rivojlanish yo'nalishlari: (1) algoritmni o'zbek kashtachiligi va girih plitalari kabi boshqa etnik naqsh turlariga kengaytirish; (2) Cui va Tang [8] yondashuvi bilan qiyosiy sinov o'tkazish; (3) naqsh generatsiyasini interaktiv loyihalash muhiti bilan integratsiyalash.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda O'rta Osiyo milliy hunarmandchilik naqshlari kompozitsiyalarini kompyuter yordamida yaratishning parametrik shakl grammatikasi asosidagi algoritmi ishlab chiqildi. Tadqiqotning asosiy ilmiy natijalari:

Abas va Salman **[1]** va Thalal va boshq. **[2]** ishlari asosida naqshlar korpusi shakllantirildi va «hasba» metodi R0 qoidasiga kodlandi — an'anaviy hunarmandchilik bilimini raqamli algoritmga aylantirish yo'lidagi birinchi bosqich.

ISSN 3030-3907

Stiny va Gips **[3]** va Stiny **[4]** nazariyasi asosida besh ta'rif, uch cheklov (C1–C3) va ikki maqsaddan (G1–G2) iborat rasmiy apparat qurildi — naqsh generatsiyasini matematik jihatdan aniq boshqarish imkonini beradi.

R0 dan R9 gacha bo'lgan to'qqiz qoidali grammatika p4m va p6m simmetriya guruhlarida — Schattschneider **[5]** tasnifiga ko'ra O'rta Osiyo naqshlarida eng ko'p uchraydigan guruhlar — muvaffaqiyatli ishlashi ko'rsatildi.

Grünbaum va Shephard **[6]** hamda Ostromoukhov **[7]** dan olingan tutam tushunchasi va V-burchak parametrlari (θ, L1, L2) generatsiya jarayonining asosiy matematik mexanizmi sifatida muvaffaqiyatli qo'llanildi.

Eksperimental sinovlar — Cui va Tang **[8]** va Jowers va boshq. **[9]** natijalari bilan qiyosda — algoritmning bir xil matematik asosda ham an'anaviy, ham yangi original naqshlar generatsiya qila olishini tasdiqladi.

Ushbu natijalar mazkur algoritmni raqamli madaniy meros, generativ dizayn va aqlli loyihalash tizimlarida ishlatishning ishonchli metodologik asosi sifatida belgilaydi. Hisoblash murakkabligini kamaytirish va algoritmni boshqa etnik naqsh turlariga kengaytirish keyingi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishi bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abas S.J., Salman A. Geometric and group-theoretic methods for computer graphic studies of islamic symmetric patterns // Computer Graphics Forum. — 1992. — Vol. 11. — P. 43–53.
2. Thalal A., Benatia M., Jali A., Aboufadil Y. et al. Islamic geometric patterns constructed by craftsmen working on wood // Symmetry: Culture and Science. — 2011. — Vol. 22, №1–2. — P. 103–130.
3. Stiny G., Gips J. Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture // IFIP Congress. — 1971. — Vol. 2.
4. Stiny G. What rule(s) should I use? // Nexus Network Journal. — 2011. — Vol. 13, №1. — P. 15–47.
5. Schattschneider D. The plane symmetry groups: their recognition and notation // The American Mathematical Monthly. — 1978. — P. 439–450.
6. Grünbaum B., Shephard G. Interlace patterns in islamic and moorish art // Leonardo. — 1992. — P. 331–339.
7. Ostromoukhov V. Mathematical tools for computer-generated ornamental patterns // Electronic Publishing, Artistic Imaging, and Digital Typography. — Springer, 1998. — P. 193–223.
8. Cui J., Tang M.-X. Integrating shape grammars into a generative system for zhuang ethnic embroidery design exploration // Computer Aided Design Journal. — 2013. — Vol. 45, №3. — P. 591–604.

ISSN 3030-3907

9. Jowers I., Prats M., Eissa H., Lee J.-H. A study of emergence in the generation of islamic geometric patterns // Proceedings of CAADRIA'10. — Hong Kong, 2010. — P. 39–48.
10. El Ouaazizi A., Nasri A., Benslimane R. A rotation symmetry group detection technique for the characterization of islamic rosette patterns // Pattern Recognition Letters. — 2015. — Vol. 68, Part 1. — P. 111–117.
11. Egamnazarova, S. (2025). Digitalization and modern application of Islamic patterns. SHOKH LIBRARY.
12. Egamnazarova, S., & Siddiqov, I. (2026). TUTASHUVCHI KO ‘PBURCHAKLAR ASOSIDA MILLIY HUNARMANDCHILIK YULDUZSIMON ORNAMENT KOMPOZITSIYALARINING TUZILMAVIY GEOMETRIK MODELLASHTIRISH USULLARI. Потомки Аль-Фаргани, (2), 120-132.
13. Egamnazarova, S. (2026). SUN’IY INTELLEKT VA GENERATIV ALGORITMLAR ASOSIDA ISLOM GEOMETRIK NAQSHLARINI TAHLIL QILISH VA SINTEZ QILISH. Потомки Аль-Фаргани, (1), 15-20.
14. Nasri, A., & Benslimane, R. (2017). Parametric shape grammar formalism for Moorish geometric design analysis and generation. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, *10*(4), Article 19.
15. Qizi, E. S. X. (2025). INFOGRAFIKA: TA’LIM JARAYONIDA VIZUAL MA’LUMOTLARNI YETKAZISHNING ZAMONAVIY USULI. Al-Farg’oniy avlodlari, 1(2), 23-28.

ISSN 3030-3907