HENON XARITASI ASOSIDA INSON QON TOMIR TARMOQLARINING TARMOQLANISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH

Boliyeva Dilrabo Nurbek qizi
Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti tayanch doktoranti
E-mail: boliyevadilrabo38@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-4031-3628

Annotatsiya. Ushbu maqolada inson qon tomir tizimining murakkab va o'z-o'ziga o'xshash (fraktal) tuzilishini matematik modellashtirish masalalari yoritilgan. An'anaviy Evklid geometriyasining biologik tizimlarni tasvirlashdagi cheklovlari tahlil qilinib, muqobil sifatida fraktal geometriya va Henon xaritasi algoritmi taklif etilgan. Tadqiqotda qon tomirlarining daraxtsimon tarmoqlanishini simulyatsiya qilish uchun iteratsion jarayonlarga asoslangan algoritm ishlab chiqilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, fraktal tahlil sog'lom va patologik (ateroskleroz, tromboz) to'qimalarni farqlashda hamda kasalliklarni erta tashxislashda muhim diagnostik ko'rsatkich bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Henon xaritasi, fraktal geometriya, qon tomir tizimi, iteratsiya, modellashtirish, diagnostika, o'z-o'ziga o'xshashlik.

Аннотация. В данной статье освещаются вопросы математического моделирования сложной и самоподобной (фрактальной) структуры сосудистой системы человека. Проанализированы ограничения традиционной евклидовой геометрии при описании биологических систем, и в качестве альтернативы предложены фрактальная геометрия и алгоритм карты Хенона. В исследовании разработан алгоритм, основанный на итерационных процессах, для моделирования древовидного разветвления сосудов. Результаты показывают, что фрактальный анализ является важным диагностическим показателем для различения здоровых и патологических тканей (атеросклероз, тромбоз), а также для ранней диагностики заболеваний.

Ключевые слова: карта Хенона, фрактальная геометрия, сосудистая система, итерация, моделирование, диагностика, самоподобие.

Abstract. This article addresses the issues of mathematical modeling of the complex and self-similar (fractal) structure of the human vascular system. The limitations of traditional Euclidean geometry in describing biological systems are analyzed, and as an alternative, fractal geometry and the Henon map algorithm are proposed. In the study, an algorithm based on iterative processes was developed to simulate the tree-like branching of blood vessels. The results indicate that fractal

ISSN 3030-3907

analysis serves as an important diagnostic tool for distinguishing between healthy and pathological (atherosclerosis, thrombosis) tissues, as well as for early disease detection.

Keywords: Henon map, fractal geometry, vascular system, iteration, modeling, diagnostics, self-similarity.

KIRISH

Zamonaviy fan va texnologiyalarning rivojlanishi murakkab biologik tizimlarni an’anaviy chiziqli va Evklid geometriyasiga asoslangan usullarni to‘liq tavsiflash imkonini beradi. Ayniqsa, yurak-qon tomir tizimi kabi ko‘p darajali, o‘z-o‘ziga o‘xshash tuzilmalarga ega bo‘lgan obyektlarni o‘rganishda fraktal yondashuv muhim nazariy hamda amaliy ahamiyat kasb etadi. Shu sababli insonlardagi biologik va fiziologik tizimlarning aksariyati jumladan, yurak-qon tomir tarmog‘i, o‘pka bronxlari, nerv tolalari va mikrotsirkulyator tarmoqlar fraktal xususiyatlarga ega. Qon tomirlar tarmog‘ining tarmoqlanishi, diametrlarning o‘zgarishi va fazoviy joylashuvi fraktal geometrik modellar yordamida ifodalanadi. Shu bois fraktal geometriya tirik organizmlarning morfologik va funksional tuzilishini chuqurroq tadqiq qilishga imkonini beradi.

Qon tomirlarining o‘z-o‘ziga o‘xshashligi – bu biologik tizimlarning juda kichik qismlarining umumiy tuzilishga o‘xshash bo‘lishini ifodalaydigan qonuniyatlardir. Fraktallik o‘xshashlik asosan matematikada va tabiiy tizimlarda o‘zini takrorlaydigan tuzilmalarga nisbatan ishlatiladi. Bu qonuniyat qon tomirlarining tarmoqlanishiga ham to‘liq mos keladi. Qon tomir tarmoqlari ayniqsa kapillyarlar, arteriyalar va venalar, o‘z-o‘zini takrorlanuvchi tuzilmalarga ega bo‘lib, ular o‘zida fraktal xususiyatlarni aks ettiradi. Bu shuni anglatadiki, tomirlar kengayganda yoki torayganda, ularning shakli va strukturasining ba’zi xususiyatlari kichik masishtabda yoki katta masishtabda o‘xshash bo‘ladi. Masalan: qon tomirlarining tarmoqlanishi daraxtsimon ko‘rinishida bo‘lib, har bir tomirning o‘lchami va shakli boshqa tomirlarga o‘xshash, ammo ularning masishtabi va fraktal o‘lchovi farq qiladi. Bu o‘z-o‘ziga o‘xshashlikning matematik modelini ishlab chiqishga imkon beradi.

Fraktallarni tavsiflash uchun L-sistemalar yoki iteratsion fraktallar (masalan, Hénon xaritasi) kabi matematik modellardan foydalaniladi. Bu modellarda har bir iteratsiya yangi tomirlarni yaratish uchun ishlatiladi va ular har safar o‘z-o‘zini takrorlaydi. Natijada qon tomirlarining tuzilishi fraktal geometriya yordamida tasvirlanadi, bu esa ular orqali qon oqimini va tomirlarning tarmoq strukturasini aniqroq tushunishga yordam beradi. Fraktallar o‘z-o‘zini takrorlashning mukammal va murakkab misolidir, chunki ular kichik masishtabda yoki katta masishtabda o‘xshash tuzilishga ega bo‘ladi. Bu xususiyatlar qon tomirlarining

ISSN 3030-3907

samarali ishlashiga yordam beradi, chunki ularning tarmoqlanishi qon oqimini maksimal darajada ta'minlaydi va organizmning turli qismlariga kislorod va oziq moddalarning yetkazilishini yaxshilaydi.

Qon tomirlarining tarmoq tuzilmasini modellashda fraktal geometriyadan foydalanish juda samarali bo'ladi. Fraktallar o'z-o'zini takrorlaydigan va o'xshash strukturalarga ega bo'lgan tizimlar sifatida keng tarqalgan. Shunday usullardan biri Henon xaritasi bo'lib, u qon tomirlarining tarmoq tuzilishini tahlil qilishda ishlatiladi.

Henon xaritasi – bu ikki o'zgaruvchi (x, y) bo'lgan dinamik tizimning matematik modelidir. Bu model fraktal tuzilishni ishlab chiqish uchun ishlatiladi va qon tomirlarining tarmoq tuzilmasini simulyatsiya qilishda keng miqiyosda qo'llaniladi. U iteratsion jarayonni o'z ichiga oladi, ya'ni bir nechta bosqichlardan so'ng yangi iteratsiya o'z-o'zini takrorlaydi. Natijada qon tomirlarining tarmoq strukturasini hosil qililadi. Bu esa qon tomirlarining tarmoq shakllari o'z-o'zini takrorlashi va simmetriya hosil qilishini ko'rsatadi.

Henon xaritasi formulasi:

$$x_{n+1} = 1 - ax_n^2 + y_n \quad \text{va} \quad y_{n+1} = bx_n \qquad (1)$$

Bu formulada a va b fraktalni hosil qilishda qo'llaniladigan parametrlar bo'lib, ular tarmoq tuzilishini boshqaradi.

Henon xaritasi quyidagi shaklda beriladi

$$H' = (y - ax_n^2 + 1). \qquad (2)$$

Ikkinchi qadamda esa x o'qi bo'ylab qisqartirish amalga oshiriladi. Natijada:

$$H''(x, y) = (x, y) \qquad (3)$$

oxirgi qadamda x o'qi bo'ylab qisqartirishni ta'minlash uchun:

$$H'''(x, y) = (x, y) \qquad (4)$$

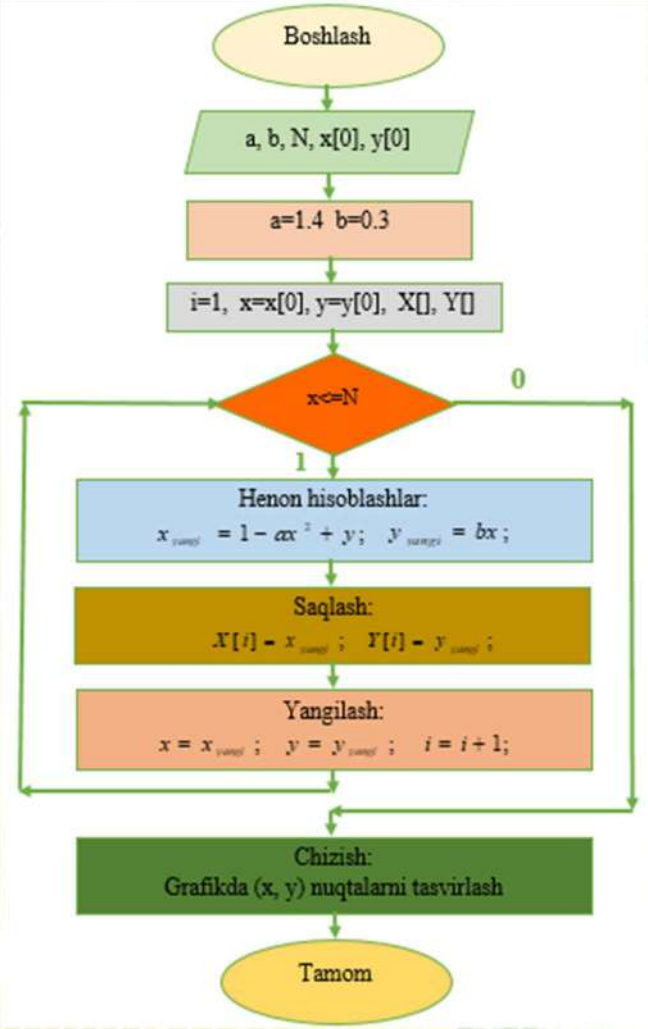
shunda so'ng Henon xaritasi qayta chiziladi.

Yuqoridagi formulalar asosida quyidagi algoritm ishlab chiqildi:

1. Boshlang'ich nuqta tanlanadi ya'ni x_0 va y_0
2. Iteratsiya davomida har bir nuqtaning yangi qiymati 1-formulalar orqali hisoblanadi. Bunda takrorlanishlar soni n bo'lsa quydagi qadamlar bajariladi;
3. Bu jarayon bir nechta iteratsiyalar davomida takrorlanadi ya'ni Henon xaritasini hisoblaydi;
4. Har bir iteratsiyada yangi x va y qiymatlari to'planadi;
5. Natija chiziladi va hosil bo'lgan nuqtalar fraktal shaklni ifodalaydi.
6. Tamom.

Blok-sxemasi quydagicha

ISSN 3030-3907



1-chizma. Blok-sxema qon tomirlarning tarmoq tizmini Henon xaritasi asosida chizishni ifodalaydi

Fraktal tahlil yordamida sog‘lom va patologik to‘qimalar o‘rtasidagi farqlar fraktal o‘lchov va multifraktal spektr kabi parametrlar orqali aniqlanishi mumkin. Yurak-qon tomir kasalliklarida xususan, ateroskleroz, tromboz va stenoz buzilishlarida qon tomirlar geometriyasining sezilarli darajada o‘zgarishi kuzatiladi. Bu o‘zgarishlar qon tomir tarmog‘ining murakkabligi yoki soddaligi orqali ifodalanib, u fraktal ko‘rsatkichlar asosida aniqlanadi. U yurak-qon tomir kasalliklarini geometrik talqin qilish yondashuvi ularning faqat klinik va funksional belgilarini emas, balki qon tomirlar tizimining fazoviy va strukturaviy xususiyatlarini ham hisobga olish imkonini beradi. Bu esa kasalliklarni erta bosqichda aniqlash, patologik jarayonlarning rivojlanish dinamikasini baholash va diagnostik algoritmlarni takomillashtirish uchun muhim ilmiy asos talab etadi.

Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy chiziqli va Eevklid geometriyasiga asoslangan usullar inson organizmidagi murakkab biologik tizimlarni, ayniqsa yurak-qon tomir tizimining o‘z-o‘ziga o‘xshash tuzilishini to‘liq ifodalashda yetarli emas. Shu nuqtayi nazardan, fraktal geometriya tirik

ISSN 3030-3907

organizmlarning morfologik va funksional xususiyatlarini chuqurroq tadqiq qilish imkonini beruvchi zamonaviy hamda samarali ilmiy yondashuv sifatida namoyon bo‘ladi. Tadqiqot jarayonida inson qon tomirlari tarmog‘ining tuzilishi fraktal xususiyatlarga ega ekanligi asoslandi. Qon tomirlarining tarmoqlanishi, diametrlarining o‘zgarishi va fazoviy joylashuvi turli masshtablarda o‘zaro o‘xshash bo‘lib, bu holat fraktal o‘z-o‘ziga o‘xshashlik qonuniyati bilan izohlanadi. Ayniqsa, kapillyarlar, arteriyalar va venalarning daraxtsimon tuzilishi fraktal modellar yordamida samarali tasvirlanishi mumkinligi ko‘rsatildi.

XULOSA

Maqolada Xenon xaritasiga asoslangan matematik model qon tomirlari tarmoq tuzilishini simulyatsiya qilishda qo‘llanildi. Iteratsion jarayon orqali hosil qilingan nuqtalar majmuasi qon tomirlarining o‘z-o‘zini takrorlovchi, murakkab va simmetrik fraktal shaklga ega ekanligini namoyon qildi. Taklif etilgan algoritm va blok-sxema qon tomirlar tarmog‘ini modellash jarayonini tizimli ravishda amalga oshirish imkonini beradi. Shuningdek, fraktal tahlil yordamida sog‘lom va patologik holatdagi qon tomirlar o‘rtasidagi farqlarni aniqlash mumkinligi ilmiy jihatdan asoslandi. Ateroskleroz, tromboz va stenoz kabi yurak-qon tomir kasalliklarida qon tomir geometriyasining o‘zgarishi fraktal o‘lchov hamda tarmoq murakkabligining kamayishi yoki ortishi orqali ifodalanishi mumkin ekanligi ko‘rsatilgan. Bu esa kasalliklarni erta bosqichda aniqlash, patologik jarayonlarning rivojlanish dinamikasini baholash va diagnostika usullarini takomillashtirish uchun muhim ilmiy asos bo‘ladi.

Umumiy holda fraktal geometriya, Xenon xaritasiga asoslangan yondashuv yurak-qon tomir tizimini geometrik hamda dinamik nuqtayi nazardan tahlil qilishda katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu yondashuv biomeditsina, klinik diagnostika va tibbiy modellash sohalarida yangi ilmiy tadqiqotlar olib borish uchun mustahkam metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman and Company, 1982. (Fraktal yondashuv asoslari bo'yicha umumiy adabiyot).
2. Hénon M. A two-dimensional mapping with a strange attractor. Communications in Mathematical Physics, 1976. (Henon xaritasi bo'yicha asosiy manba).
3. Family, F. et al. Scaling of fractal vascular trees. Physical Review Letters, 1989.
4. Moxod Mexraj, Ahmed Komol and Jabbarov Jamoliddin Sindorovich “CNN and Bidirectional LSTM with Attention to Linguistic Context for Fake News Classification”," Journal of Nonlinear and Convex Analysis Volume 26, Number

ISSN 3030-3907

4, 2025, pages 923–940. http://yokohamapublishers.jp/online p/JNCA/Open/vol26/jncav26n4p923.pdf
5. Jamoliddin Jabbarov, Doston Muxtorov, Muhammad Mustaffokhulov, Gulmira Eshquvvatova, Sulaymon Obloqulov, Mathematical basis of fractal image compression and compression algorithm Available to Purchase Journal: AIP Conference Proceedings AIP Conf. Proc. 3377, 020023 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0300082A.
6. H.N.Zaynidinov., I.Yusupov, J.U.Juraev., J.S. Jabbarov. Applying Two-Dimensional Piecewise-Polynomial Basis for Medical Image Processing. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering Available Online at http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse156942020.pdf https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/156942020
7. Shakhzoda Anarova, Jamoliddin Jabbarov, Abror Rustamov. Determination of the fractal dimension of the damaged part of the human brain. AIP Conf. Proc. 3147, 040007 (2024) https://doi.org/10.1063/5.0210294

ISSN 3030-3907