MURAKKAB OBYEKTLARNI FAZOVIY AKSLANTIRISH ASOSIDA TAQRIBIY TIKLASH VA IDENTIFIKATSIYALASH USULLARINI UMUMLASHTIRISH

Irgasheva Umida

Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali assistenti, Jizzax, O‘zbekiston
E-mail: irgashevaumida1997@gmail.com

K E Y W O R D S

murakkab obyekt, fazoviy akslantirish, approksimatsiya, taqribiy tiklash, identifikatsiyalash, matematik model, xatolik funksiyasi, teskari masala

A B S T R A C T

Murakkab obyektlarning geometrik, strukturaviy va funksional xususiyatlarini to‘liq matematik model yordamida ifodalash ko‘pincha murakkab hisoblash jarayonlarini talab etadi. Shu sababli real obyektning fazoviy tasvirini ma’lum approksimatsiya funksiyalari, bazis funksiyalar yoki diskret nuqtalar to‘plami yordamida ifodalash va undan keyin obyektning boshlang‘ich holatini taqribiy tiklash muhim ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Tadqiqotda fazoviy akslantirishning umumiy matematik modeli, approksimatsiya qilish, xatolik funksiyasini minimallashtirish, teskari akslantirish va identifikatsiyalash bosqichlari yagona metodik yondashuv sifatida umumlashtirilgan. Olingan natijalar fazoviy akslantirish va approksimatsiyalash jarayonlarini birgalikda qo‘llash obyektning muhim geometrik va strukturaviy belgilarini saqlab qolish hamda identifikatsiyalash ishonchliligini oshirish imkonini berishini ko‘rsatadi.

1. Kirish

Zamonaviy axborot texnologiyalari, kompyuter grafikasi, masofadan zondlash, robototexnika, kompyuter ko‘rishi, biometrik tizimlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining rivojlanishi murakkab obyektlarni matematik va kompyuter modellar yordamida ifodalash zaruratini oshirmoqda. Real muhitdagi obyektlarning shakli, o‘lchami, fazoviy joylashuvi va strukturaviy xususiyatlari turlicha bo‘lgani sababli ularni yagona analitik ifoda yordamida tasvirlash har doim ham mumkin emas.

Murakkab obyektni kompyuter muhitida ifodalashning asosiy bosqichlaridan biri uning fazoviy akslantirilishini hosil qilishdir. Bunda obyektning har bir nuqtasi yoki elementi ma’lum koordinatalar bilan ifodalanadi.

Umumiy holda real obyektni

$$O = \{P_i(x_i, y_i, z_i) \mid i = 1,2, \dots, N\}$$

ko‘rinishidagi nuqtalar to‘plami orqali ifodalash mumkin. Bu yerda P_i— obyektning fazodagi i-nuqtasi, x_i, y_i, z_i— ushbu nuqtaning fazoviy koordinatalari, N— nuqtalar soni.

Biroq real obyektni juda katta miqdordagi nuqtalar yordamida ifodalash hisoblash murakkabligini oshiradi. Shu sababli obyektning muhim xususiyatlarini saqlagan holda uning soddalashtirilgan yoki taqribiy modelini qurish masalasi yuzaga keladi.

Amaliy masalalarda esa akslantirish operatorining aniq teskari ko‘rinishi mavjud bo‘lmasligi, ma’lumotlar yetarli bo‘lmasligi yoki o‘lchashlarda xatolik bo‘lishi mumkin. Shu sababli tiklash masalasi ko‘pincha taqribiy yechimni talab qiladi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi: murakkab obyektlarni fazoviy akslantirish, taqribiy tiklash va identifikatsiyalash usullarini yagona matematik-metodik yondashuv asosida umumlashtirishdan iborat.

Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

(cc) BY

- murakkab obyektning fazoviy modelini shakllantirish;
- obyektni diskret nuqtalar yoki elementlar orqali ifodalash;
- fazoviy akslantirish operatorini aniqlash;
- approksimatsiya funksiyasini tanlash;
- tiklash xatoligini baholash;
- tiklangan obyektning etalon obyekt bilan o‘xshashligini aniqlash;
- identifikatsiyalash uchun umumiy mezon ishlab chiqish.

2. Materiallar va metodlar

Tadqiqotning birinchi bosqichida murakkab obyekt fazoviy koordinatalar tizimida ifodalanadi. Obyektning geometrik shakliga qarab nuqtaviy, chiziqli, sirt yoki hajmiy modeldan foydalanish mumkin.

Uch o‘lchamli obyekt quyidagi ko‘rinishda beriladi:

$$O = \{(x_i, y_i, z_i)\}_{i=1}^{N}.$$

Agar obyektning har bir nuqtasi qo‘shimcha belgilar bilan tavsiflansa, uning modeli

$$P_i = (x_i, y_i, z_i, f_{i1}, f_{i2}, \ldots, f_{im})$$

ko‘rinishida ifodalanadi.

Bu yerda f_{ij}— obyektning i-nuqtasiga tegishli qo‘shimcha xususiyat.

Bunday yondashuv geometrik koordinatalar bilan bir qatorda rang, intensivlik, tekstura, zichlik yoki boshqa parametrlarni ham modelga kiritish imkonini beradi.

Fazoviy akslantirish obyekt koordinatalarini boshqa koordinatalar tizimiga yoki kuzatuv fazosiga o‘tkazishni ifodalaydi. Real obyekt uzluksiz tuzilishga ega bo‘lsa-da, kompyuterda uni diskret ko‘rinishda saqlash zarur. Shu sababli fazoviy obyekt ma’lum miqdordagi nuqtalarga yoki elementlarga ajratiladi. Diskretlashtirish aniqligi ortgan sari obyektni ifodalash sifati oshadi, biroq hisoblash xarajati ham ortadi. Shu sababli amaliy masalalarda aniqlik va hisoblash murakkabligi o‘rtasidagi optimal nisbatni tanlash muhimdir.

2.1. Approksimatsiya modeli

Murakkab obyektning barcha nuqtalarini aniq ifodalash o‘rniga uning geometrik xususiyatlarini bazis funksiyalar orqali taqribiy ifodalash mumkin.

Umumiy approksimatsiya modeli quyidagicha yoziladi:

$$\hat{f}(x) = \sum_{k=1}^{m} a_k \varphi_k(x).$$

Bu yerda $\varphi_k(x)$— bazis funksiyalar, a_k— noma’lum koeffitsiyentlar, m— approksimatsiya darajasi, $\hat{f}(x)$— taqribiy model.

Koeffitsiyentlarni aniqlashda eng kichik kvadratlar mezonidan foydalanish mumkin:

$$J(a) = \sum_{i=1}^{N} [f(x_i) - \hat{f}(x_i)]^2.$$

Optimal koeffitsiyentlar

$$a^* = arg\min_a J(a)$$

shartni qanoatlantiradi.

2.2. Identifikatsiyalash modeli

Tiklangan obyektni identifikatsiyalashda uning etalon obyektlar bilan o‘xshashligi aniqlanadi.

Etalon obyektlar to‘plami

$$C = \{C_1, C_2, \ldots, C_K\}$$

ko‘rinishida berilgan bo‘lsin.

Tiklangan obyekt $\hat{X}$uchun masofa

$$d_k = d(\hat{X}, C_k)$$

hisoblanadi.

Eng yaqin etalon obyekt

$$C^* = arg\min_{C_k} d(\hat{X}, C_k)$$

orqali aniqlanadi.

(cc) BY

Masofa sifatida Evklid masofasi, Mahalanobis masofasi, kosinus o‘xshashligi yoki boshqa metrikalardan foydalanish mumkin.

Murakkab obyektlarni tiklashda global approksimatsiya bilan bir qatorda lokal approksimatsiyadan ham foydalanish mumkin.

2.3. Umumlashtirilgan algoritm

Tadqiqot natijasida murakkab obyektlarni fazoviy akslantirish asosida tiklash va identifikatsiyalash jarayoni quyidagi ketma-ketlikda umumlashtirildi:

1. Boshlang‘ich obyektni shakllantirish.
2. Obyektni fazoviy koordinatalar orqali ifodalash.
3. Fazoviy akslantirish operatorini aniqlash.
4. Obyektni diskretlashtirish.
5. Geometrik va strukturaviy xususiyatlarni ajratib olish.
6. Mos approksimatsiya modelini tanlash.
7. Approksimatsiya parametrlarini optimallashtirish.
8. Taqribiy tiklashni amalga oshirish.
9. Tiklash xatoligini hisoblash.
10. Tiklangan obyekt xususiyatlarini etalon obyektlar bilan taqqoslash.
11. Minimal masofa yoki maksimal o‘xshashlik asosida identifikatsiyalash.

3. Natijalar

Tadqiqot natijasida murakkab obyektlarni fazoviy akslantirish, taqribiy tiklash va identifikatsiyalash jarayonlari yagona matematik model doirasida umumlashtirildi.

Birinchi natija sifatida murakkab obyektni faqat geometrik nuqtalar to‘plami emas, balki geometrik va strukturaviy xususiyatlarga ega bo‘lgan fazoviy obyekt sifatida modellashtirish imkoniyati aniqlandi.

Bunda obyekt modeli

$$O = \{P_i, G_i, F_i\}$$

ko‘rinishida ifodalanib, har bir elementning koordinatasi, geometrik parametrlari va qo‘shimcha xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi.

Ikkinchi muhim natija fazoviy akslantirish jarayonini umumiy operator orqali ifodalash bilan bog‘liq. Chiziqli akslantirishlar uchun matritsali model yetarli bo‘lsa, murakkab deformatsiyalangan obyektlar uchun nochiziqli operatorlardan foydalanish zarurligi aniqlandi.

Uchinchi natija sifatida approksimatsiyaning obyektni tiklashdagi roli asoslandi. Obyektning barcha nuqtalarini saqlash o‘rniga uning muhim geometrik xususiyatlarini bazis funksiyalar orqali ifodalash hisoblash yuklamasini kamaytiradi.

Beshinchi natija sifatida tiklash masalasini optimallashtirish shaklida ifodalashning afzalligi aniqlandi. Bunda kuzatilgan ma’lumotlarga moslik va tiklanayotgan obyektning strukturaviy barqarorligi bir vaqtning o‘zida hisobga olinadi:

$$J(X) = \| F(X) - Y \|^2 + \lambda R(X).$$

Mazkur funksiyaning minimallashtirilishi tiklangan obyektni kuzatilgan ma’lumotlarga maksimal darajada moslashtirish imkonini beradi.

Masalan,

$$F(X) = [f_1, f_2, \dots, f_m]^T$$

xususiyatlar vektori bo‘lsin. Shunda obyektlar orasidagi masofa

$$d(X, C_k) = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} w_j (f_j - \bar{f}_{kj})^2}$$

orqali aniqlanishi mumkin.

Bu yerda w_j— j-xususiyatning vazn koeffitsiyenti, $\bar{f}_{kj}$— k-etalon obyektning j-xususiyati.

Shunday qilib, identifikatsiyalash natijasi

$$C^* = arg\min_k d(X, C_k)$$

orqali olinadi.

(cc) BY

1-jadval

Tadqiqotning umumlashtirilgan modeli.

Bosqich	Amal	Asosiy natija
1	Fazoviy akslantirish	Kuzatilgan obyekt
2	Diskretlashtirish	Diskret fazoviy model
3	Xususiyatlarni ajratish	Xususiyatlar to‘plami
4	Approksimatsiya	Taqribiy model
5	Teskari akslantirish	Tiklangan obyekt
6	Xatolikni baholash	Tiklash sifati
7	Etalon bilan taqqoslash	O‘xshashlik qiymati
8	Identifikatsiyalash	Obyekt sinfi yoki etaloni

Natijalarni sifat jihatidan baholash quyidagi mezonlar orqali amalga oshiriladi:

- fazoviy moslik — tiklangan obyektning boshlang‘ich obyekt koordinatalariga yaqinligi;
- geometrik moslik — obyekt shaklining saqlanish darajasi;
- strukturaviy moslik — obyekt elementlari o‘rtasidagi munosabatlarning saqlanishi;
- approksimatsiya xatoligi — boshlang‘ich va taqribiy model o‘rtasidagi farq;

identifikatsiyalash aniqligi — obyektni to‘g‘ri etalon yoki sinfga biriktirish darajasi.

2-jadval

Murakkab obyektlarni approksimatsiyalashda foydalaniladigan usullarni ularning moslashuvchanligi va hisoblash murakkabligi bo‘yicha shartli ravishda taqqoslash.

Usul	Afzalligi	Cheklovi	Qo‘llash sohasi
Polinomial approksimatsiya	Sodda va tez	Juda murakkab shakllarda xatolik ortishi mumkin	Silliq obyektlar
Splayn approksimatsiyasi	Lokal o‘zgarishlarni yaxshi ifodalaydi	Parametrlarni tanlash talab etiladi	Kontur va sirtlar
Radial-bazisli approksimatsiya	Nochiziqli obyektlar uchun mos	Hisoblash yuklamasi yuqori bo‘lishi mumkin	Fazoviy modellashtirish
Lokal approksimatsiya	Murakkab obyekt qismlarini aniq ifodalaydi	Model soni ortadi	Notekis obyektlar
Diskret nuqtalar modeli	Tuzilishi sodda	Katta hajmdagi ma’lumot talab etadi	3D nuqta bulutlari

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, yagona approksimatsiya usulini barcha murakkab obyektlar uchun optimal deb hisoblash mumkin emas. Obyektning geometrik murakkabligi, mavjud ma’lumotlar zichligi, hisoblash resurslari va talab etiladigan aniqlikka qarab mos usul tanlanishi kerak.

4. Xulosa

Ushbu maqolada murakkab obyektlarni fazoviy akslantirish asosida taqribiy tiklash va identifikatsiyalash usullarini umumlashtirish masalasi ko‘rib chiqildi.

Tadqiqot davomida murakkab obyektni fazoviy koordinatalar, geometrik parametrlar va strukturaviy belgilar asosida ifodalash imkoniyati asoslandi. Fazoviy akslantirish umumiy operator yordamida ifodalanib, to‘g‘ri va teskari masalalar o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘rsatildi. Tadqiqot davomida murakkab obyektni fazoviy koordinatalar, geometrik parametrlar va strukturaviy belgilar asosida ifodalash imkoniyati asoslandi. Fazoviy akslantirish umumiy operator

(cc) BY

yordamida ifodalanib, to‘g‘ri va teskari masalalar o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘rsatildi.

Murakkab obyektni tiklash jarayonida approksimatsiyadan foydalanish uning barcha elementlarini to‘liq saqlamasdan, asosiy geometrik va strukturaviy xususiyatlarini yetarli aniqlikda ifodalash imkonini beradi.

Tadqiqotning asosiy ilmiy natijasi sifatida fazoviy akslantirish – diskretlashtirish – approksimatsiya – taqribiy tiklash – xatolikni baholash – xususiyatlarni ajratish – identifikatsiyalash bosqichlaridan tashkil topgan umumlashtirilgan metodik sxema taklif qilindi. Identifikatsiyalash bosqichida esa tiklangan obyektning xususiyatlar vektori etalon obyektlar xususiyatlari bilan taqqoslanadi va minimal masofaga ega bo‘lgan etalon obyekt aniqlanadi.

Umuman olganda, murakkab obyektlarni fazoviy akslantirish asosida taqribiy tiklash va identifikatsiyalashni yagona tizim sifatida qarash hisoblash jarayonlarini soddalashtirish, ma’lumotlarning yetishmasligi yoki buzilganligi sharoitida obyektni qayta tiklash hamda identifikatsiyalash ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Irgasheva U. A., Ergashev A. A. & Bo‘riboyev A. (2026). Sun’iy intellekt va big data asosida fan va ta’lim integratsiyasining ilmiy-nazariy asoslari. In *Raqamli jamiyatda fan va ta’limning integratsiyalashuvi* (pp. 267–270).
2. Irgasheva U. A. (2026). CNN arxitekturalari yordamida belgilarni avtomatik o‘rganish orqali yuzning individual xususiyatlarini aniqlash. In *Yangi O‘zbekiston taraqqiyotida yosh olimlarning o‘rni* (pp. 582–585).
3. Abdumalikov A. A. & Irgasheva U. A. (2022). Модель и алгоритмы процесса устройств контроля и мониторинга управления энергоснабжением. In *Kompyute rilmlari va muhandislik texnologiyalari* (pp. 334-336).
4. Wendland H. (2005). Scattered Data Approximation. In *Cambridge University Press*
5. Fornberg B. & Flyer N. *A* (2015). *Primer on Radial Basis Functions with Applications to the Geosciences*. SIAM, . pp. 91–107. https://doi.org/10.1137/1.9781611974041
6. Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. (2007). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press,
7. Hastie T., Tibshirani R. & Friedman J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer, pp. 101–137. https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7
8. Szeliski R. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications. In *Springer*, pp. 483–542. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34372-9
9. Hartley R. & Zisserman A. (2004). Multiple View Geometry in Computer Vision.In*CambridgeUniversityPress*.https://doi.org/10.1017/CBO9780511811685

(cc) BY