

AMALIY MATEMATIKADA ZAMONAVIY YONDASHUVLAR VA ILMIY TADQIQOT YO‘NALISHLARI

Kutlimuratov Ravshanbek Rozboyevich,

Ismailov Asqar Jaxangirovich

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti o‘qituvchilari,

Toshkent, O‘zbekiston

E-mail: ravshanbektdiutf@gmail.com; aismoilov@tsue.uz

ANNOTATSIYA

Tahlil amaliy matematikaning besh tayanch yo‘nalishini ajratdi: matematik modellashtirish; sonli metodlar va hisoblash matematikasi; ehtimollik-statistik yondashuvlar; optimallashtirish va ma‘lumotlar tahlili; matematik hamda sun‘iy intellekt modellarini birlashtiruvchi gibrud usullar. Hisoblash quvvatining oshishi, katta ma‘lumotlar va parallel hisoblash ushbu yo‘nalishlar integratsiyasini jadallashtirayotgani aniqlandi.

Amaliy matematikaning ilmiy va amaliy qiymati modelning aniqligi bilan bir qatorda, ma‘lumot sifati, algoritim barqarorligi, hisoblash samaradorligi va natijaning izohlanishiga bog‘liq. Kelgusi tadqiqotlarda gibrud modellarni verifikatsiya qilish, noaniqlikni baholash va fanlararo joriy etish mezonlarini rivojlantirish zarur.

***Kalit so‘zlar:** amaliy matematika, matematik modellashtirish, sonli metodlar, optimallashtirish, stoxastik jarayonlar, ma‘lumotlar tahlili, parallel hisoblash, sun‘iy intellekt, gibrud modellar.*

MODERN APPROACHES AND RESEARCH DIRECTIONS IN APPLIED MATHEMATICS

ABSTRACT

Five core directions of applied mathematics were identified: mathematical modeling; numerical methods and computational mathematics; probabilistic and statistical approaches; optimization and data analysis; and hybrid methods combining mathematical and artificial intelligence models. The analysis indicates that increased computing power, big data, and parallel computing are accelerating the integration of these directions.

The scientific and practical value of applied mathematics depends not only on model accuracy but also on data quality, algorithmic stability, computational

efficiency, and interpretability. Future research should strengthen model verification, uncertainty assessment, and criteria for interdisciplinary implementation.

Keywords: *applied mathematics, mathematical modeling, numerical methods, optimization, stochastic processes, data analysis, parallel computing, artificial intelligence, hybrid models.*

KIRISH

Amaliy matematika real jarayon va tizimlarni matematik til vositasida ifodalash, ularning xatti-harakatini tahlil qilish, prognozlash hamda optimal qarorlarni asoslashga xizmat qiladigan fanlararo yo‘nalishdir. Raqamli iqtisodiyot, avtomatlashtirilgan boshqaruv, sun‘iy intellekt va katta ma‘lumotlar rivojlanishi natijasida matematik model endilikda faqat nazariy tasvir emas, balki real vaqt rejimida yangilanadigan va boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlaydigan hisoblash vositasiga aylanmoqda [1, 3, 6].

Zamonaviy masalalarning ko‘pi ko‘p o‘lchovli, dinamik va noaniqlik sharoitida kechadi. Shu sababli differensial tenglamalar, ehtimollar nazariyasi, statistika, optimallashtirish, sonli analiz va algoritmlar nazariyasini alohida qo‘llash ko‘pincha yetarli bo‘lmaydi. Ularni yagona tadqiqot siklida birlashtirish, modelni ma‘lumotlar asosida kalibrlash va hisoblash natijasining barqarorligini tekshirish talab etiladi [2, 4, 9].

Mavjud adabiyotlarda amaliy matematikaning ayrim usullari chuqur yoritilgan bo‘lsa-da, ularning zamonaviy fanlararo integratsiyasi, hisoblash texnologiyalari bilan aloqasi va tatbiq sohalari ko‘pincha tarqoq holda bayon qilinadi. Bu holat asosiy metodlar o‘rtasidagi bog‘lanishni tizimli ko‘rsatish zaruratini yuzaga keltiradi.

Tadqiqotning maqsadi amaliy matematikaning zamonaviy konsepsiyasini, asosiy metodik yo‘nalishlarini va istiqbolli tatbiqlarini tizimlashtirishdan iborat. Maqsadga erishish uchun matematik modellashtirish tendensiyalari, sonli-hisoblash usullari, ehtimollik-statistik modellar, optimallashtirish, katta ma‘lumotlar va sun‘iy intellekt bilan integratsiya holati tahlil qilindi.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot nazariy-tahliliy dizaynda bajarildi. Tahlil materiali sifatida maqolani qayta tuzishda foydalanilgan to‘qqizta ilmiy, o‘quv va me‘yoriy-uslubiy manba olindi. Ular matematik modellashtirish, sonli analiz, muhandislik matematikasi, ehtimollik modellari, matematik fizika, chuqur o‘qitish hamda amaliy matematika ta‘limiga oid manbalarni qamrab oladi [1-9].

Manbalarni o‘rganishda narrativ adabiyotlar sharhi, mazmuniy tahlil va qiyosiy tasniflash usullaridan foydalanildi. Har bir manbadagi asosiy tushunchalar to‘rtta

mezon bo'yicha kodlandi: 1) qo'llaniladigan matematik apparat; 2) hisoblash yoki dasturiy vosita; 3) tatbiq sohasi; 4) olinadigan ilmiy-amaliy natija. Takrorlanuvchi mazmun birliklari umumlashtirilib, beshta tematik yo'nalishga birlashtirildi.

Tahlil sifat xarakteriga ega bo'lib, bibliometrik yoki statistik meta-tahlil o'tkazilmadi. Shuning uchun natijalar manbalardagi g'oyalarni tizimlashtiruvchi konseptual xulosa sifatida talqin qilindi. Yondashuvning ishonchliligini oshirish uchun tushunchalar o'zaro solishtirildi, qo'llanish sohasi bilan matematik usul o'rtasidagi mantiqiy muvofiqlik tekshirildi va umumlashtirishlar mavjud manbalarga havola bilan berildi.

NATIJARLAR

Tahlil natijasida amaliy matematikaning metodik yadrosi model yaratish, parametrlarni aniqlash, hisoblash tajribasini o'tkazish, natijani tekshirish va qaror qabul qilish bosqichlaridan iborat ekani aniqlandi. Differensial tenglamalar uzluksiz jarayonlarni, ehtimollik va Markov modellari noaniq hamda tasodifiy jarayonlarni, optimallashtirish esa mavjud cheklovlar doirasida eng maqbul yechimni ifodalaydi [3-5].

Mazkur metodlar bir-birini to'ldiradi. Masalan, fizik yoki iqtisodiy jarayon differensial tenglama orqali ifodalanishi, model parametrlari statistik ma'lumotlardan baholanishi, yechim sonli usul bilan hisoblanishi va boshqaruv parametrlari optimallashtirish yordamida tanlanishi mumkin. Shu jihatdan zamonaviy amaliy matematika alohida formulalar to'plami emas, balki to'liq tadqiqot texnologiyasi sifatida namoyon bo'ladi.

Klassik deterministik modellar bilan bir qatorda stoxastik, agentga asoslangan, ko'p darajali va ma'lumotlarga tayanuvchi modellar kengayib bormoqda. Ko'p darajali yondashuv mikro-, mezo- va makro darajadagi jarayonlarni bir tizimda bog'lash imkonini beradi. Bu xususiyat biologik tizimlar, epidemik jarayonlar, ekologik muvozanat va murakkab iqtisodiy tizimlarni o'rganishda muhimdir [1, 4].

Katta ma'lumotlarga asoslangan modellashtirishda model parametrlari doimiy ravishda yangi kuzatuvlar bilan yangilanadi. Natijada transport oqimi, energiya iste'moli, moliya bozori yoki sanoat uskunasi holatini real vaqtga yaqin rejimda baholash imkoniyati yuzaga keladi. Biroq model sifati ma'lumotlarning to'liqligi, reprezentativligi va xatolardan tozalanganiga bevosita bog'liq.

Analitik yechimi mavjud bo'lmagan yoki amaliy hisoblash uchun murakkab bo'lgan masalalarda sonli metodlar asosiy vosita bo'lib xizmat qiladi. Chekli elementlar usuli, chekli hajmlar usuli, iteratsion algoritmlar va Monte-Karlo simulyatsiyasi muhandislik, aerodinamika, issiqlik almashinuvi, iqtisodiy risk hamda ishonchlilik masalalarida qo'llaniladi [2, 3, 5].

Parallel va yuqori unumli hisoblash ko‘p sonli tenglamalardan tashkil topgan modellarni qisqa muddatda yechish imkonini kengaytirdi. MATLAB, Maple hamda Python ekotizimidagi NumPy va SciPy kabi vositalar analitik ifodalar, sonli hisoblash, vizualizatsiya va optimallashtirish bosqichlarini yagona ish jarayonida birlashtirishga yordam beradi. Bunda algoritmnining tezligi bilan birga uning aniqligi, shartlanganligi va suzuvchi nuqtali hisoblashdagi barqarorligi ham baholanishi lozim [9].

Manbalar va dastlabki matndagi misollarni tematik guruhlash amaliy matematikaning asosiy yo‘nalishlari, metodlari va kutiladigan natijalari o‘rtasidagi bog‘lanishni ko‘rsatdi (1-jadval).

1-jadval. Amaliy matematikaning zamonaviy yo‘nalishlari va tatbiqlari

Yo‘nalish	Asosiy metodlar	Tatbiq sohasi va natija
Matematik modellashtirish	Differensial tenglamalar, dinamik va agentga asoslangan modellar	Muhandislik, biologiya va ekologiyada jarayonni tavsiflash hamda prognozlash
Ehtimollik va statistika	Regressiya, Markov zanjirlari, stoxastik jarayonlar	Moliya, risk, navbatlar va ishonchlilikda noaniqlikni baholash
Sonli hisoblash	Chekli elementlar, chekli hajmlar, iteratsion va Monte-Karlo usullari	Murakkab tenglamalarni taqribiy yechish va hisoblash tajribasi
Optimallashtirish	Gradient, chiziqli va nochiziqli dasturlash, evristik algoritmlar	Resurslarni taqsimlash, boshqaruv va loyihalashda optimal qaror
Ma’lumotlar va SI	Mashinaviy o‘qitish, neyron tarmoqlar, gibrid modellar	Katta ma’lumotlardan prognoz, tasniflash va avtomatik qarorlarni qo‘llab-quvvatlash

Manba: mualliflar tomonidan [1-9] manbalar asosida tizimlashtirilgan.

Iqtisodiyotda regressiya tahlili, stoxastik modellar va Markov jarayonlari bozor dinamikasi, inflyatsiya, valyuta kursi va kredit riskini baholashda qo‘llanadi [4]. Muhandislikda esa energiya tizimlarini optimallashtirish, konstruksiyalar mustahkamligi, gaz va suyuqlik oqimlari hamda issiqlik jarayonlari hisoblash matematikasiga tayanadi [3, 5].

Tibbiyot va biologiyada dori moddasining tarqalishi, epidemiologik dinamika va fiziologik jarayonlar matematik modellar orqali tavsiflanadi. Ekologiyada iqlim omillari, suv resurslari va ifloslantiruvchi moddalarning tarqalishini baholashda dinamik hamda stoxastik modellar birgalikda qo‘llanadi. Sun’iy intellektda esa gradientli optimallashtirish, ehtimollik modellari va chiziqli algebra neyron tarmoqlarning matematik asosini tashkil qiladi [6].

Tahlilning muhim natijasi an'anaviy matematik model bilan ma'lumotlarga asoslangan algoritmni birlashtiruvchi gibrid yondashuvlarning kuchayib borayotganidir. Bunday modelda fizik yoki iqtisodiy qonuniyatlar yechim fazosini cheklaydi, mashinaviy o'qitish esa kuzatuvlardan murakkab bog'lanishlarni aniqlaydi. Natijada sof ma'lumot modeliga nisbatan izohlanish, sof nazariy modelga nisbatan esa moslashuvchanlik oshishi mumkin.

Gibrid yondashuv sanoat jarayonlarini nazorat qilish, nosozlikni oldindan aniqlash, energiya talabini prognozlash va tibbiy qarorlarni qo'llab-quvvatlashda istiqbolli hisoblanadi. Shu bilan birga, bunday tizimlarda modelni verifikatsiya qilish, xatolikni baholash, ma'lumotlar og'ishini aniqlash va algoritmik qarorlarni izohlash alohida ilmiy vazifa bo'lib qolmoqda.

MUHOKAMA

Olingan natijalar amaliy matematikaning rivojlanishi biror alohida usulning ustunligi bilan emas, balki usullar integratsiyasi bilan belgilanayotganini ko'rsatadi. Differensial tenglama, statistik baholash, sonli algoritm va optimallashtirish yagona jarayonda birlashganda modelning amaliy qiymati ortadi. Bu xulosa muhandislik matematikasi, sonli analiz, ehtimollik modellari va chuqur o'qitish bo'yicha manbalardagi yondashuvlar bilan mos keladi [2-6, 9].

Hisoblash quvvatining oshishi yirik modellarni yechish imkonini bergan bo'lsa-da, yuqori tezlik avtomatik ravishda ishonchli natija degani emas. Sonli xatolik, noto'g'ri shartlangan masala, model taxminlarining buzilishi yoki sifatsiz ma'lumot yakuniy qarorni sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin. Shuning uchun zamonaviy tadqiqotlarda sezgirlik tahlili, verifikatsiya, validatsiya va noaniqlikni miqdoriy baholash hisoblashning ajralmas qismi bo'lishi zarur [9].

Ta'lim nuqtayi nazaridan amaliy matematika dasturlarida nazariya, dasturlash va predmet sohasi o'rtasidagi bog'lanishni kuchaytirish lozim. Talaba faqat formulani qo'llashni emas, real muammoni formalizatsiya qilish, mos usulni tanlash, algoritmni dasturlash, natijani tekshirish va mazmunli talqin etishni egallashi kerak [7, 8]. Bunday kompetensiya iqtisodiyot, texnika va raqamli texnologiyalar uchun fanlararo mutaxassislarni tayyorlashga xizmat qiladi.

Tadqiqotning asosiy cheklovi manbalar tanlovining narrativ xarakteri va ko'lamining kichikligidir. Bibliometrik qidiruv, qat'iy kiritish-chiqarish mezonlari hamda miqdoriy meta-tahlil qo'llanilmagan. Bundan tashqari, amaliy loyihalarning empirik ma'lumotlari tahlil qilinmadi. Kelgusi ishlarda Scopus, Web of Science va boshqa bazalar asosida tizimli sharh o'tkazish, yo'nalishlarning nashrlar dinamikasi va amaliy samaradorligini miqdoriy baholash maqsadga muvofiq.

XULOSA

Amaliy matematika zamonaviy ilm-fan va texnologiyaning integratsion metodologiyasi sifatida real jarayonlarni modellashtirish, tahlil qilish, prognozlash va optimallashtirishni birlashtiradi. Tadqiqot matematik modellashtirish, sonli hisoblash, ehtimollik-statistik tahlil, optimallashtirish hamda sun'iy intellekt bilan bog'liq gibridd modellarini uning besh tayanch yo'nalishi sifatida tizimlashtirdi.

Amaliy natijaning ishonchliligi modelning nazariy asoslanganligi, ma'lumotlar sifati, algoritmnining sonli barqarorligi, hisoblash samaradorligi va natijaning izohlanishiga birgalikda bog'liq. Shu sababli model yaratish bilan bir qatorda uni verifikatsiya va validatsiya qilish, noaniqlikni baholash hamda predmet sohasi mutaxassisi bilan hamkorlik qilish zarur.

Kelajakda fizik qonuniyatlar va mashinaviy o'qitishni birlashtiruvchi gibridd modellar, yuqori unumli hisoblash, real vaqt ma'lumotlari va izohlanadigan sun'iy intellekt amaliy matematikaning ustuvor yo'nalishlari bo'lib qoladi. Mazkur rivojlanish iqtisodiyot, muhandislik, tibbiyot, ekologiya va raqamli boshqaruvda asoslangan qarorlar qabul qilish imkoniyatini kengaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Murray J. D. *Mathematical Biology I: An Introduction*. 3rd ed. New York: Springer; 2002.
2. Burden R. L., Faires J. D., Burden A. M. *Numerical Analysis*. 10th ed. Boston: Cengage Learning; 2016.
3. Kreyszig E. *Advanced Engineering Mathematics*. 10th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2011.
4. Ross S. M. *Introduction to Probability Models*. 12th ed. Amsterdam: Academic Press; 2019. 842 p.
5. Tikhonov A. N., Samarskii A. A. *Equations of Mathematical Physics*. New York: Dover Publications; 1990. 765 p.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. Cambridge, MA: MIT Press; 2016.
7. O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. *Amaliy matematika yo'nalishi bo'yicha o'quv dasturi*. Toshkent; 2022. 54 b.
8. Yoqubov F., Matyakubov B. *Amaliy matematika asoslari*. Toshkent: Universitet nashriyoti; 2020. 240 b.
9. Higham N. J. *Accuracy and Stability of Numerical Algorithms*. 2nd ed. Philadelphia: SIAM; 2002. doi:10.1137/1.9780898718027.