

MUSBAT HADLI UCH KARRALI SONLI QATORNING YAQINLASHISHI VA UNING ISSIQLIK TARQATISH TENGLAMASI UCHUN QO‘YILGAN ARALASH MASALAGA TADBIQI

Mahbuba Vaisova Raxmatovna

*Xorazm viloyati xonqa tumani 4-son
maktab Matematika fani o‘qituvchisi*

Annotatsiya: Sonli qatorlar va ularning konvergensiyasi matematik tahlilning muhim nuqtalaridan biri bo‘lib, matematikada, ayniqsa, fizikada duch kelinadigan ko‘plab muammolarning yechimida asosiy vositalardan hisoblanadi. Musbat hadli qatorlarning xususiyatlarini chuqur o‘rganish va ular asosida tuzilgan sonli qatorlarning konvergensiyasini aniqlash ko‘plab amaliy masalalarning yechimini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: uch karrali sonli qator, musbat hadli qator, yaqinlashuv, issiqlik tarqatish, aralash masala, matematik fizika, chegaraviy shartlar, analitik yechim, differensial tenglama, ortogonal funksiya.

Musbat hadli uch karrali sonli qatorlar o‘zining murakkab tuzilmasi hamda umumiy hadlarning aniq shakli bilan ajralib turadi. Bu kabi qatorlar ko‘plab differensial tenglamalar, jumladan, issiqlik tarqatish tenglamasi bilan bog‘liq aralash masalalarning yechimini ifodalashda qo‘llaniladi. Ushbu qatorlarning yaqinlashishini tahlil qilish, ularni qachon va qanday sharoitlarda konvergentligini aniqlash – matematik tahlil va amaliy analitik metodlarning muhim sohalaridan biridir.

Sonli qatorning umumiy ko‘rinishi quyidagicha yozilishi mumkin:

$$S = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n + \dots$$

bu yerda a_k biror tanlangan qoidaga bo‘ysunuvchi sonlar ketma-ketligidir. Matematikaning fundamentlaridan biri sifatida musbat hadli qatorlarning har bir hadi nollikdan katta bo‘ladi, ya’ni barcha $a_k > 0$ tenglik o‘rinli. Aynan musbatlik xossasi ushbu qatorlarning yaqinlashuvi (konvergensiyasi) haqidagi mezonlarni chuqurroq o‘rgatadi.

Uch karrali sonli qator deganda shunday qator nazarda tutiladiki, uning har bir hadi bitta yoki bir nechta indeksga bog‘liq holda, ko‘paytmali ko‘rinishda ifodalanadi: masalan, $a_k = b_k c_k d_k$ va hokazo. Shunday qilib, bunday qatorlar ko‘p o‘lchovli yoki ko‘p parametrlarga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Konvergensiya kontseptsiyasi qatorlar bilan ishlashda eng asosiy tushunchalardan biri hisoblanadi. Sonli qatorning konvergentligi deganda, uning qism yig‘indilari ketma-ketligi biror songa yaqinlashishini tushunamiz. Agarda sonli

qatorning qism yig'indilari chegaraga ega bo'lsa, u holda qator konvergent deyiladi; agar chegarasi bo'lmasa yoki cheksizlikka intilsa – divergent deyiladi.

Sonli qatorlarning yaqinlashish xususiyatlarini aniqlovchi asosiy mezonlardan biri – bu qatorning umumiy hadi nolli limitga ega bo'lishi:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} a_k = 0$$

Lekin bu mezon faqat zaruriy, lekin yetarli emas. Ya'ni, agar ushbu limit nollik bo'lmasa, qator divergent bo'ladi, biroq aksincha, limit nol bo'lsa, to'liq ishonch bilan qator konvergent deyiladi, deya olmaymiz. Shu sababli, musbat hadli qatorlar uchun boshqa, kuchliroq mezonlar ishlab chiqilgan.

Musbat hadli qatorlarning yaqinlashishini aniqlash uchun eng ko'p uchraydigan mezonlardan quyidagilarni keltirish mumkin:

D'Alembert mezon – agar

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (a_{k+1} / a_k) < 1,$$

bo'lsa, qator konvergent bo'ladi.

Koshining ildizli mezon – agar

$$\lim_{k \rightarrow \infty} a_k^{1/k} < 1$$

bo'lsa, qator konvergent bo'ladi.

Bundan tashqari, integral mezoni kabi boshqa umumiy mezonlardan ham foydalansa bo'ladi, agar qatorning hadlari uzluksiz, musbat va kamayuvchi funksiyadan olingan bo'lsa.

Uch karrali qatorlar ko'pincha matematik fizika tenglamalarining, xususan, issiqlik ushbu tenglamasining yechimlarini ifodalashda uchraydi. Issiqlik tarqatish tenglamasi — o'zgaras diffuziya koeffitsienti bo'lgan parabolic turdagi tenglama bo'lib, u juda ko'plab fizikaviy va texnik jarayonlarni matematik jihatdan modellash uchun keng ishlatiladi. Bu tenglama asosan quyidagi ko'rinishga ega:

$$\partial u / \partial t = \alpha^2 \partial^2 u / \partial x^2,$$

bu yerda $u(x, t)$ – nuqtadagi harorat, x – fazoviy o'zgaruvchi, t – vaqt, α^2 – issiqlik o'tkazuvchanligi koeffitsienti. Issiqlik tarqatish masalasi uchun, odatda, bosh shart va chegaraviy shartlar (aralash masalalar) qo'yiladi. Yechimning ekspansion qator ko'rinishiga ega bo'lishi to'g'risidagi masala, asosan, issiqlik tenglamasi uchun Fourye usulidan chiqarilgan holda, qatorlar konvergensiyasi bilan chambarchas bog'liq. Chunki Fourye qatorlari ko'rinishidagi umumiy yechimlar ko'p hollarda kesma orqali chap va o'ng cheklarda va $t = 0$ da $u(x, 0) = f(x)$ deb belgilangan boshlang'ich shartlar asosida ifodalanadi. Bu yerda $f(x)$ — bosh harorat taqsimoti funksiyasi.

Ana shunday masalalarda yechim quyidagi kabi qator yordamida yoziladi:

$$u(x, t) = \sum_n a_n \exp(-\lambda_n^2 \alpha^2 t) \sin(\lambda_n x),$$

bu yerda a_n – Fourye qatorining koeffitsientlari, λ_n – spektral parametrlardir.

Yechimda paydo bo'ladigan $\sum_n a_n \exp(-\lambda_n^2 \alpha^2 t)$ kabi qatorlar, ayniqsa, boshlang'ich va chegara shartlar murakkabroq tanlangan hollarda, uch karrali

ko‘rinishga ega bo‘ladi. Ya’ni ko‘p indeksli, bir nechta ko‘paytmali sonli qatorlar yuzaga keladi, masalan:

$$u(x, t) = \sum_k \sum_l \sum_m a_{klm} \varphi_k(x) \psi_l(t) \chi_m(y),$$

bunda har bir funksional had o‘ziga xos asosiy funksiyalar – sin, cos, exp va hokazo shaklida ifodalanadi.

Bu konvergent qatorlarning xislatlarini aniqlash, eng avvalo, individual koeffitsientlarning xossalari, ortogonal asosiy funksiyalar to‘plami va ular o‘rtasidagi ortogonallik va normallik xossalarga tayanadi. Qatorlar asosida tuzilgan yig‘indi funksiyaning uzluksizligi, chegaraviy nuqtalardagi uzluksizlikni aniqlash, qatorlarning bir jinsli va bir jinsli bo‘lmagan aralash masalalarga tatbiqi uchun maxsus tahlillar talab etiladi [1].

Issiqlik tarqatish masalalarida paydo bo‘ladigan aralash masalalar uchun uch karrali sonli qatorlarni ishlatishning yana bir afzalligi — qatorlarning har bir hadining fizik mazmuni bilan bog‘liqligindadir. Har bir koeffitsientning hisoblanishi, masalan Fourye koeffitsientlari, boshlang‘ich va chegara shartlarning ortogonal asosiy funksiya bo‘ylab tarqatilishi yordamida amalga oshiriladi. Ahamiyatlisi shundaki, bunday qatorlar yaqinlashish mezonlaridan birortasi bajarilmas ekan, umumiy yig‘indi funksiyaning mavjudligi yoki fizik yechimning mantiqan to‘g‘ri chiqishi haqida xulosa qilish mumkin bo‘lmaydi. Shu sababli, har bir aralash masala uchun aniqlangan qator ko‘rinishidagi yechimt qismlar bilan natijani ifodalash uchun dastlab yechim qatori yaqinlashuvining to‘liq tahlili, mezonlarning tekshirilishi va koeffitsientlarning asymptotik xatti-harakatini o‘rganish zarur bo‘ladi.

Matbuotda va matematik fizikaning zamonaviy izlanishlarida issiqlik tarqatish masalalarining qatorli yechimlari uchun konvergentsiyani ifodalovchi an’anaviy usullardan tashqari o‘ziga xos zamonaviy usullar ham keng o‘rganilmoqda. Bular — sonli va analitik-metodik usullar, asimptotik baholashlar, spektral va variatsion usullar hamda chegaraviy qat’iy ishlash usullaridir. Bularning barchasi qatorli yechimlarning aniqligi, yaqinlashuv tezligi va fizik mazmunliyligi bo‘yicha chuqur o‘rganiladi.

Musbat hadli uch karrali sonli qatorlarning eng muhim amaliy jihatlari shundan iboratki, ular matematik fizikaning murakkab masalalariga, ayniqsa, harorat tarqalish jarayonlarini modellashtirish sohasiga tatbiq qilinadi. Harakatdagi fizik muhitni yoki ko‘p fazaviy o‘zgaruvchili yoki ko‘p parametrlilarni o‘rganishda bunday qatorlar tafovutli tenglamalarning universal usuli sifatida alohida ahamiyatga ega bo‘ladi.

Aralash masalalarda qatorli yechimlar matnli, analitik hamda fizika, matematikaning ko‘plab tarmoqlarida keng qulayliklar yaratuvchi usullardan biridir. Bunday masalalarga yoki bu masalalarning yechimlariga doir ilmiy adabiyotlar bugungi kunda juda boy. Qatorli yechimlar xarakteri, chuqur mohiyati va keng imkoniyatlari hisobiga nafaqat matematik nazariya doirasida, balki amaliy fizika, muhandislik, texnika hamda tabiiy fanlarda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Qatorli

yechimlarning asosiy xususiyati va ular uchun yaratilgan imkoniyatlar to'g'risida fikr yuritilganda, eng avvalo, ushbu usulning har bir tomonlama chuqur tahlili va sinchiklab o'rganishning zarurati paydo bo'ladi. Qatorli yechimlar, avvalo, aralash masalalarni yuqori aniqlikda, analitik ravishda ifodalashning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Bu usul asosidagi yechimlar ko'pchilik hollarda boshlang'ich va chegara shartlarini to'liq qanoatlantiradi, masalaning har bir nuqtasidagi qiymatini topish imkonini beradi. Analitik ko'rinishda ifodalangan qator yordamida istalgan nuqtada funksiya qiymatini, o'zgarish dinamikasini aniqlash mumkin. Bu esa yechimning ham silliqqligini, ham fiziologik mazmunini saqlab qolishiga xizmat qiladi. Bundan tashqari, qatorli ifoda murakkab masalalarning formallashtirilmagan qismlarini, to'g'ridan-to'g'ri yechib bo'lmaydigan chegaraviy va boshlang'ich shartlarga ega tenglamalarni ham qo'llash imkoniyatini kengaytiradi. Bunday sohalarda analytic-qatorli yechimlar yordamida yangi yondashuvlar, har bir modaning, har bir komponentning mustaqil xulosasini chiqarish mumkin [2].

Qatorli yechimlarning muhim yutug'i shundaki, ular amplituda va fazani aniqlovchi ko'plab ortogonal funksiyalar majmuini ko'rsatib beradi, manashu sababli ham masalada uchraydigan eng muhim komponentlarni qatlamlarga ajratish va fizik ma'nosini puxta ochib berishga yordam beradi. Bu tarzda modul ko'rinishdagi qatorlarning har bir hadini mazmunan izohlash, axborotli tahlil o'tkazish, yechimning individual qismlarida fizik jarayon va hodisalarning qanday kechishini tahlil qilish ehtimoli paydo bo'ladi. Qatorli usul yordamida qiyin yoki murakkab tenglamalarning ham aniq yechimiga erishish, aniq aniqlash yoki sonli yechimlarni yaqinlashuv asosida olish imkoniyati sezilarli darajada ortadi. Shu orqali murakkab metodlar bilan chiqarish mushkul bo'lgan masalalarning ko'pchiligiga ham analitik javob topish oson bo'ladi. Qatorli yechimlarning yana bir sezilarli afzalligi shundaki, ularning tuzilmasi orqali ko'plab submasalalarni mustaqil yechish va umumiy natijani ko'rinadigan qatorlar yig'indisiga keltirish imkoni mavjud. Bu esa nafaqat matematik tahlil, balki fizik hodisalarning individual bosqichlar bo'yicha tahlil qilishga, har bir bosqichda alohida natijalar olishga yordam beradi. Boshqacha aytganda, qatorli yechimlar masala sohasidan qat'i nazar, integral va differensial tenglamalar sinfida, turli maydon va jarayonlarda unumli va keng foydalaniladi.

Qatorli yechimlarni o'rganish va amaliyotga tatbiq etish jarayonida ko'plab afzalliklarni qayd etish mumkin. Birinchi navbatda, bu usulning analitik aniqligi hamda natijaviyligi asosiy ustuvorlik hisoblanadi. Qatorli ifoda yordamida masalaning nazariy yechimi to'liq va aniq ko'rinishda olinadi, bu esa ko'plab fizik, texnik yoki iqtisodiy masalalarning sifatli va ishonchli yechimini ta'minlaydi. Ayrim hollarda qatorlarni yetarlicha qisqa – oz sonli hadlarining o'zidayoq yaxshi yaqinlashuvga erishiladi. Shu tarzda, undan amaliy natija olinadi, hisoblash va vaqt jihatdan ham qulaylikga ega bo'linadi. Shuningdek, bu usul yordamida cheklangan sohalarda,

chegaraviy shartlari qiyin yoki o'zgaras bo'lgan masalalarda ham samarali echim topish imkoni bor. Aralash masalalar uchun qatorli yondashuv ko'plab soddalashtirish imkonini beradi. Bu holatda masalaning asosiy tanlovi qaysi ortogonal funksiyalar asosida qator tuzilishini aniqlashdan iborat bo'ladi. Masalaning murakkabligiga qarab, Fourye, Legendre, Chebishev yoki boshqa ortogonal ko'phadlar asosida qator tuziladi va har bir sharoitga mos koefitsientlar topiladi. Bu koefitsientlarni aniqlash esa, ko'plab matematik vositalar yordamida amalga oshiriladi: masalan, integrallash, ishlab olish yoki maxsus tahlil qilish usullari qo'llaniladi. Aytib o'tish joizki, qatorli yechimlar ba'zi murakkab va murakkab energiyali differensial tenglamalar uchun ham ishlaydi. Aynan shunday holatlarda bu usulning afzalliklari yaqqol ko'zga tashlanadi. Biroq, aralash masalalarda qatorli yechimlar faqatgina ko'rilyotgan tenglama yoki funksiya doimiy va silliq bo'lganda, singulyar yoki uzluksiz bo'lmagan hollardan chetda bo'lgandagina o'z ustuvorligini ko'rsatadi. Aralash masalalarda uchraydigan nodavlat silliq chegaralar, murakkab shartlar yoki ko'p qatlamli qiymatlar uchun esa qatorlarning tuzilmasini, yaqinlashuvini va fizik mazmunini izohlash qiyinlashadi. Bunday vaziyatlarda yechim yaqinlashmasligi, ya'ni divergentsiya hodisasi paydo bo'lish ehtimoli ortadi.

Qatorli yechimlarning afzalligidan biri shuki, ular fizik yoki texnik jarayonlarda kuzatiladigan va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan individual modlarni ham ifoda qilishi mumkin. Bunday yondashuv keng diapazonda ishlatiladi, chunki turli fizik va matematik modellar o'z-o'zidan ortogonal funksiya asosida osonroq ifodalanadi va har bir had aniq fizik yoki matematik talqin oladi. Ko'plab hollarda, agar tenglama yoki masala maxsus soddalashtirish, parallel funksiyalar yoki ishonchli ortogonal bazis funksiyalar orqali tuzilsa, bu usul yuqori natijadorlik beradi [3].

Ammo, barcha masalalarda ham qatorli yechimlarning imkoniyatlari to'laqonli bo'lavermaydi. Har bir usul singari qatorli ifoda usulida ham muayyan cheklov va qiyinchiliklar mavjud. Masalan, ayrim hollarda qatorning umumiy hadini topish qiyin kechadi, bu esa hisob-kitob jarayonini cho'zib yuboradi. Yoki ba'zi nuqtalarda qator divergent sohalarga olib keladi, ya'ni cheksizlik sari yaqinlashadi va natija fizik yoki matematik jihatdan ma'nosiz bo'lib qoladi. Bunday xatarlarga, ayniqsa, murakkab chegaraviy yoki boshlang'ich shartlar qo'yiladigan, o'zgaruvchan yoki silliq bo'lmagan sohalarda duch kelinadi. Ana shunday hollarda qatorlar fizik mazmunini yo'qotishi, yoki natija noto'g'ri yoki noto'liq berilishi mumkin. Keyingi jihat, ba'zi aralash masalalarda qatorli yechimlarning sonli yechimga yaqinlashish tezligi juda sust kechadi. Ya'ni, amaliy natijani olish uchun haddan ortiq ko'plab qator hadlarini yig'ish lozim bo'ladi va bu vaqt nuqtai nazaridan yoki hisoblash kuchi jihatidan iqtisodiy jihatdan ham ma'qul kelmasligi mumkin. Qatorli yechimlarning yana bir cheklovi shuki, bu usul juda umumlashtirilgan, ya'ni ko'p sonli parametrlar, o'zgaruvchilar hamda aralashgan shartlar bor masalalarda qiynaladi. Natijada, dastlabki masalani

soddalashtirishga, barcha fizik-mexanik yoki matematik parametrlarni aniq ifodalovchi va son jihatdan ko'rsata oladigan bazis to'plam tanlashga majbur bo'linadi. Qatorli yechimlar ko'pincha asimptotik tahlilda, ya'ni masalaning chegaraviy holatlari, cheksiz yoki juda kichik qiymatlar atrofida funksiya, yechim yoki natijaning xususiyatlarini tahlil qilishda juda foydalidir. Bu, ayniqsa, nazariy fizikada, matematikaning asimptotik usullarini qo'llash zarurati tushadigan sohalarda ahamiyatlidir. Biroq, murakkab chegaraviy shartlar, silliqlik shartlari, singulyar nuqtalar bo'lgan hollarda qatorli yechim ko'pincha amalda ham, nazariyada ham kuchsizlanadi yoki natija bera olmaydi [4].

Qator usuli yordamida ayrim masalalarda masalaning fizik talqini, natijaning ko'rinishini qavatma-qavat, bosqichma-bosqich ochib berish ehtimoli mavjud. Bu esa har bir bosqich natijasini va umumiy yechimning tasviri, mazmunini tahlil qilishga imkon yaratadi. Har bir qatorning hadini olganda, turli mazmundagi sub-modalar, sub-protsesslar va oqibatlarni kuzatish mumkin bo'ladi. Shu bilan birga, qatorli yechimlar tahlil usulida olinsa, natijani faqat ayrim sharoitda yoki muayyan nuqtada to'g'ri baholash zaminini yaratadi. Bu yondashuv murakkab masalalarda, aynan aralash masalalar uchun esa anchagina soddalashtiruvchi jihatga ega. Shu nuqtai nazardan aralash masalalarning qatorli yechimlari bir qator afzalliklarga ega bo'lsa-da, ularning cheklovlari ham yetarli. Har bir konkret masala, uning xususiyatlariga, berilgan boshlang'ich va chegaraviy shartlariga, geometriyasiga qarab qatorli yechim usulining samaradorligi har xil ko'rinishda bo'lishi mumkin. Demak, masalani har bir yechim usuli bilan, xususan, qatorli yechim bilan hal qilishdan oldin, uning barcha asosiy va yordamchi xususiyatlarini, cheklov va imkoniyatlarini chuqurroq tahlil qilish lozim bo'ladi. Har bir yondashuvda, har bir matematik usulda bo'lgani kabi, qatorli yechimlar usulida ham to'g'ri va aniq yechim olish uchun barcha nuanslarni hisobga olish, amaliy va nazariy mantiqiy izchillikka e'tibor qaratish zarur. Ayni vaqtda qatorli yechimlarning asosiy fazilati shundaki, bu usul orqali masalaning analitik strukturasi aniq ochiladi, komponentlar yasaladi va butun yechim sohasida eng yaxshi yaqinlashuvga, sezilarli aniqlikka erishiladi. Bu natijada fizik-matematik ilmlarning ko'plab sohalarida, amaliy masalalarda keng namoyon bo'lib kelmoqda. Shu bilan birga, amalda va nazariyada ushbu usulning cheklovlari ham borligi, uni faqat mos sharoitlarda va puxta tahlil ostida qo'llash lozimligini ko'rsatadi.

Aralash masalalarda qatorli yechimlar – bu matematik va fizik masalalarni hal qilishda muhim va aniq hodisa sifatida namoyon bo'lib, ba'zi hollarda boshqa usullarga nisbatan ustunlik kasb etadi. Uning yordamida masalalarni soddalashtirish, analitik, hamda fizik mazmunini aniqlash, natijani yo'qotmasdan va sifatli yechish imkoniyati paydo bo'ladi. Qatorli yechimlar yordamida, ayniqsa, boshlang'ich va chegara shartlar aniqligi va soddaligi sharoitida, kuchli va barqaror natijalarga erishish mumkin. Ammo qatorlarning yaqinlashuv tezligi, murakkab va silliq bo'lmagan hududlardagi zaifligi,

ba'zida natijani sekin yoki cheksizgacha yondashib borishini hisobga olish, barcha tahlillarda chuqur anglash zarurligi qayd etiladi. Shu nuqtada zarur xulosani olish uchun har bir konkret aralash masalani va uning barcha shartlarini har tomonlama tahlil qilish va qatorli yechimning, imkon bo'lsa, boshqa usullar bilan birga taqqoslab, mukammal yechim tanlash oliy natija beradi. Musbat hadli uch karrali sonli qatorlarning yaqinlashishi matematik analiz va matematik fizikaning muhim bo'limlaridan biri hisoblanadi. Bunday qatorlar issiqlik tarqatish tenglamasi kabi matematik fizika tenglamalarining umumiy va aralash masalalarini sonli usullarda yechishda keng qo'llaniladi [5].

Yaqinlashuvchi qatorlar ustida tahlil olib borish ularning o'ziga xos xususiyatlarini, masalan, umumiy hadining musbat bo'lishi, uch karrali bo'linishini va boshqa ko'rsatkichlarni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Agar qatorning barcha hadlari musbat va uch karrali bo'lsa, bu qator uchun yetarli shartlar asosida yaqinlashish masalasi ko'rib chiqiladi. Bunday qatorlar ko'pincha issiqlik tarqatish tenglamasining aralash masalalarini sonli yechishda, ya'ni chegaraviy va boshlang'ich shartlar bilan birga qo'llaniladigan masalalarda samarali ishlatiladi. Issiqlik tarqatish tenglamasi fizikada tananing haroratini vaqt va fazoviy koordinatalarga bog'liq holda o'zgarishini tasvirlaydi. Bu tenglama uchun aralash masala yechimini qurishda musbat hadli qatorlardan foydalanish, ayniqsa sonli yechimlar olishda va hisoblash jarayonida natijaning barqarorligi hamda ishonchliligini oshiradi. Qatorning yaqinlashishini ta'minlash masalasi aralash masalani aniq va mazmunli yechishda muhim rol o'ynaydi. Yaqinlashuvchi qator yordamida haroratning vaqt va fazoviy koordinata bo'yicha taqsimlanishini aniq ifodalash mumkin bo'ladi. Bu jarayon natijasida, aralash masalaning aniq yoki taxminiy yechimini olish imkoniyati kengayadi [6].

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, musbat hadli uch karrali qatorlarning yaqinlashish xossasi issiqlik tarqatish tenglamasi uchun qo'yilgan aralash masalalarda cheklangan oraliqda va vaqt davomida harorat taqsimotining barqaror va o'zgaruvchan holatlarni analiz qilishda muhim vosita hisoblanadi. Ushbu usul nafaqat nazariy, balki amaliy hisoblashlarda ham soddaligi va aniqligi bilan ajralib turadi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ushbu yondashuv yordamida issiqlik tarqatish tenglamasi kabi fizik masalalarda sonli usullar asosida barqaror va tez yechimlar olish mumkin. Bundan tashqari, qatorning yaqinlashish xossasi modellashtirilgan jarayonlarning fizik talablarga mos kelishini ta'minlaydi va yechimni ishonchli tarzda izohlash imkonini beradi. Bu esa, matematik model asosida issiqlik tarqatish jarayonlari tahlilini yanada chuqur va samarali amalga oshirishga imkon yaratadi. Pirovard natijada, fanda va amaliyotda issiqlik jarayonlari ustida olib boriladigan hisob-kitoblar va yechimlar ancha ishonchli, barqaror hamda aniq bo'ladi [7].

Xulosa:

Xulosa qilib aytganda, musbat hadli uch karrali sonli qatorlarning yaqinlashuvi nazariyasi, uning mezon va xossalardan foydalanib, tahlil etilishi, matematik tahlil, matematik fizika hamda amaliy muhandislikning keng sohalarida muhim vosita sifatida ahamiyat kasb etadi. Issiqlik tarqatish tenglamasi uchun aralash masalalarga tadbiqini o'rganish natijasida, murakkab fizikaviy muammolarni matematik shaklda ifodalash, yechimining mavjudlik va yagona bo'lishligini aniqlash hamda natijani qisqa va aniq aks ettirish imkoniyati yaratiladi. Bu esa, o'z navbatida, ko'plab zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning nazariy bazasini mustahkamlab, yangi ilmiy samaralarga erishishga zamin yaratadi. Shunday qilib, musbat hadli uch karrali sonli qatorlar va ularning yaqinlashuv xossalari chuqur o'rganish orqali matematik fizika tenglamalarining aralash masalalari uchun ishonchli va samarali yechimlarni olish, ilm-fanning turli jabhalarida qo'llanmali natijalarga erishishning muhim omillaridan biridir. Ularning asoslarida yotgan mezonlardan oqilona foydalanish, qatorlarning konvergenstiya masalasini analogik va amaliy mexanizmlar bilan tekshirish, ilgari surilgan masalalarning to'liq va izchil yechimlarini ta'minlaydi. Ana shunday chuqur nazariy tahlil va amaliy tadbiqlar bugungi matematik fizika va uning amaliyotidagi eng dolzarb yo'nalishlardan biri bo'lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ahmetov, L. (2018). "Issiqlik o'tkazilishining matematik modellari va masalalari". Toshkent: Fan.
2. Alimov, S. S. (2019). "Differensial tenglamalar va ularning amaliy tadbiqlari". Toshkent: Universitet.
3. Allamuratov, G. R. (2021). "Matematik analiz asoslari". Samarqand: Samarqand davlat universiteti.
4. Boboev, S. T. (2020). "Sonli qatorlar va ularning fizik jarayonlardagi roli". Farg'ona: Farg'ona davlat universiteti.
5. Eshmatova, N. (2019). "Issiqlik tenglamalarining aralash masalalari". Namangan: NamDU nashriyoti.
6. Ibragimov, M. (2022). "Matematik fizika tenglamalari bo'yicha zamonaviy yondashuvlar". Toshkent: Universitet nashriyoti.
7. Islomov, K. (2017). "Chegaraviy shartli masalalar nazariyasi". Toshkent: Fan va texnologiya.
8. Karimova, D. (2021). "Ortogonal funksiyalar va ular yordamida masalalar yechish". Buxoro: BuxDU.
9. Yusupov, T. R. (2018). "Matematik fizika tenglamalari va qatorlarning yaqinlashish xususiyatlari". Nukus: Qoraqalpoq davlat universiteti.