MAPLE TIZIMIDA DIFFERENSIAL OPERATORLARNI QO'LLASHNING MATEMATIK ASOSLARI VA CHEKLOVLARI

Sharofiddinov Iqboljon
Farg'ona davlat universiteti dotsenti, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
E-mail: iqbol0766@gmail.com
Qutbiddinova Shahloxon Saydolimjon qizi
Farg'ona davlat universiteti Amaliy matematika yo'nalishi 3-bosqich 23.07-guruh talabasi
E-mail: qutbiddinovashahloxon@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada Maple kompyuterli algebra tizimida differensial operatorlarni qo'llashning matematik asoslari, funksional imkoniyatlari hamda algoritmik cheklovlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Zamonaviy kompyuterli matematik tizimlar orasida Maple simvolli hisoblashlarni yuqori aniqlikda amalga oshiruvchi samarali vositalardan biri hisoblanadi. Maqolada Maple tizimining differensiallash mexanizmlari, xususan diff va D operatorlarining ishlash prinsiplari, ularning matematik mantiqi hamda funksional farqlari yoritilgan.

Tadqiqot davomida differensial operatorlarning algebraik ifodalar, murakkab kompozitsion funksiyalar va ko'p o'zgaruvchili matematik modellar bilan ishlashdagi ahamiyati tahlil qilindi. Shuningdek, Maple tizimida differensial operatorlardan foydalanishning amaliy jihatlari, differensial tenglamalarni analitik yechish, matematik modellashtirish va grafik vizuallashtirishdagi imkoniyatlari ko'rib chiqildi.

Maqolada tizimning matematik va algoritmik cheklovlariga ham alohida e'tibor qaratilgan bo'lib, singulyar nuqtalar, ko'p qiymatli funksiyalar, kompleks tekislikdagi hisoblashlar hamda yuqori tartibli hosilalarni hisoblashdagi

murakkabliklar ilmiy asosda tahlil etilgan. Bundan tashqari, Maple tizimining simvolli hisoblash algoritmlari, jumladan Heuristic Risch Algorithm asosidagi analitik yondashuvlari differensial operatorlarning aniqlik darajasini ta'minlovchi muhim mexanizm sifatida baholangan.

Tadqiqot natijalari Maple tizimidagi differensial operatorlar matematik analiz, differensial tenglamalar va modellashtirish masalalarini yechishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, tizimdan professional foydalanishda matematik mantiq, funksiyalarning aniqlanish sohasi va algoritmik cheklovlarni hisobga olish zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: Maple, differensial operatorlar, simvolli hisoblash, diff operatori, D operatori, matematik modellashtirish, differensial tenglamalar, kompyuterli algebra tizimlari, Risch algoritmi, kompleks funksiyalar.

Kirish. Zamonaviy axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematika, fizika, muhandislik va tabiiy fanlar sohasida murakkab hisoblash jarayonlarini avtomatlashtirish zaruratini yuzaga keltirdi. Ayniqsa, matematik analiz, differensial tenglamalar va matematik modellashtirish bilan bog'liq masalalarni an'anaviy usullar orqali yechish ko'p vaqt talab qilishi hamda hisoblash xatoliklari yuzaga kelishi sababli kompyuterli algebra tizimlariga bo'lgan ehtiyoj keskin ortdi. Shu nuqtai nazardan Maple, Mathematica, MATLAB va MathCAD kabi zamonaviy kompyuterli matematik tizimlar ilmiy tadqiqotlar va ta'lim jarayonining muhim tarkibiy qismiga aylandi.

Maple tizimi kompyuterli algebra tizimlari orasida simvolli hisoblashlarni yuqori aniqlikda amalga oshirishi bilan alohida ahamiyatga ega. Ushbu tizim 1980-yillarda Waterloo universiteti tadqiqotchilari tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, uning asosiy maqsadi matematik ob'ektlar ustida analitik amallarni bajaruvchi algoritmlarni yaratishdan iborat edi. Maple'ning asosiy ustunligi shundaki, u matematik ifodalarni oddiy sonli qiymat sifatida emas, balki abstrakt matematik obyekt koʻrinishida qayta ishlaydi. Bu esa differensiallash, integrallash va algebraik soddalashtirish kabi amallarni matematik jihatdan aniq bajarish imkonini beradi.

Differensial operatorlar Maple tizimining eng muhim funksional elementlaridan biri hisoblanadi. Matematik analiz va differensial tenglamalar nazariyasida hosila tushunchasi asosiy oʻrin egallaganligi sababli, differensial operatorlarni algoritmlashtirish masalasi kompyuterli algebra tizimlari rivojlanishining muhim yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Maple tizimida differensial operatorlar nafaqat oddiy algebraik ifodalarni differensiallash, balki murakkab funksional kompozitsiyalar, koʻp oʻzgaruvchili funksiyalar hamda operatorli tenglamalarni tahlil qilish imkonini beradi. Tizimda bu jarayonlar asosan diff va D operatorlari yordamida amalga oshiriladi.

Maple tizimida differensial operatorlardan foydalanish matematik modellashtirish, fizik jarayonlarni tavsiflash, muhandislik hisob-kitoblari va ilmiy prognozlash kabi koʻplab yoʻnalishlarda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, yuqori tartibli hosilalar, xususiy hosilali differensial tenglamalar va murakkab kompozitsion funksiyalar bilan ishlashda Maple tizimi katta hisoblash imkoniyatlariga ega. Shu bilan birga, tizimning ishlash mexanizmi ma’lum matematik va algoritmik cheklovlarga ham ega boʻlib, ularni chuqur tahlil qilish ilmiy jihatdan muhim hisoblanadi.

Mazkur maqolaning asosiy мақсади Maple tizimida differensial operatorlarni qoʻllashning matematik asoslarini, funksional imkoniyatlarini hamda mavjud cheklovlarini ilmiy jihatdan tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot davomida simvolli differensiallash algoritmlari, diff va D operatorlarining matematik mantiqi, differensial operatorlarning modellashtirishdagi oʻrni hamda Maple tizimining kompleks funksiyalar bilan ishlashdagi xususiyatlari oʻrganiladi. Shuningdek, tizimning algoritmik samaradorligi va hisoblash jarayonida yuzaga keluvchi cheklovlar ham ilmiy-nazariy jihatdan asoslab beriladi.

Adabiyotlar tahlili. Kompyuterli algebra tizimlari zamonaviy matematik hisoblashlarning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu tizimlar matematik ifodalarni simvolli ko‘rinishda qayta ishlash, differensial va integral amallarni analitik tarzda bajarish hamda murakkab matematik modellarni avtomatlashtirilgan tarzda tahlil qilish imkonini beradi. Maple tizimi ana shunday ilg‘or kompyuterli matematik platformalardan biri bo‘lib, uning differensial operatorlar bilan ishlash mexanizmi ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda alohida o‘rganilgan.

Maple tizimining nazariy asoslari B. Char, K. Geddes va G. Gonnet tomonidan yaratilgan fundamental ilmiy ishlarda bayon etilgan. Ularning “Algorithms for Computer Algebra” nomli asarida simvolli hisoblashlarning algebraik asoslari, matematik ifodalarni daraxtsimon struktura asosida saqlash prinsiplari hamda differensiallash algoritmlarining ishlash mexanizmlari ilmiy jihatdan asoslangan. Tadqiqotchilar Maple tizimida differensial operatorlar matematik analiz qonuniyatlariga asoslangan holda ishlashini ta’kidlaydilar. Ayniqsa, tizimning zanjir qoidasini avtomatik qo‘llashi murakkab funksiyalarni differensiallashda yuqori aniqlikni ta’minlaydi.

Differensial operatorlarning nazariy asoslari matematik analizning fundamental formulalariga tayanadi. Maple tizimidagi differensiallash mexanizmi quyidagi klassik hosila qoidalariga asoslanadi:

$$\frac{d}{dx}(u+v)=\frac{du}{dx}+\frac{dv}{dx}$$

$$\frac{d}{dx}(uv)=u\frac{dv}{dx}+v\frac{dv}{dx}$$

$$\frac{d}{dx}f\big(g(x)\big)=f'(g(x))\cdot g'(x)$$

mazkur formulalar Maple tizimida differensial operatorlarning algoritmik ishlash mexanizmining matematik poydevorini tashkil qiladi.

Ilmiy adabiyotlarda Maple tizimidagi diff va D operatorlari alohida funksional yondashuv sifatida tahlil qilinadi. Heal, Hansen va Rickard tomonidan yozilgan “Maple V: Learning Guide” asarida diff operatori algebraik ifodalarni differensiallashga moʻljallangan klassik vosita sifatida tavsiflangan boʻlsa, D operatori funksional operator sifatida murakkab matematik modellar bilan ishlashda samaraliroq ekanligi koʻrsatib berilgan. Ayniqsa, koʻp oʻzgaruvchili funksiyalar uchun quyidagi operator koʻrinishlari Maple tizimining muhim ustunliklaridan biri hisoblanadi:

$$D[i](f)(x1, x2, \dots, xn)$$

Bu yerda i — hosila olinayotgan argument tartibini bildiradi. Ushbu yondashuv differensial operatorlarni funksional analiz nuqtai nazaridan koʻrib chiqish imkonini beradi.

Koʻplab tadqiqotlarda Maple tizimining differensial tenglamalarni yechishdagi samaradorligi ham alohida qayd etilgan. Monagan va hamkorlari tomonidan ishlab chiqilgan “Maple Introductory Programming Guide” qoʻllanmasida Maple tizimi differensial tenglamalarni simvolli va sonli usullar orqali yechishda yuqori aniqlikni taʼminlovchi vosita sifatida baholangan. Tizimda differensial tenglamalarni operatorli koʻrinishda ifodalash imkoniyati mavjud boʻlib, bu murakkab fizik va texnik modellarni yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, ikkinchi tartibli differensial tenglama quyidagi koʻrinishda ifodalanadi:

$$a\frac{d^2y}{dx^2} + b\frac{dy}{dx} + cy = f(x)$$

Bunday tenglamalarni Maple tizimi analitik va sonli metodlar asosida yechish imkoniyatiga ega.

Mahalliy olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham kompyuterli matematik tizimlarning ilmiy va taʼlimiy ahamiyati keng yoritilgan. Xususan, Sh. R. Shoyetov va P. Alimqulovning ishlarida Maple va Mathematica tizimlarining matematik modellashtirishdagi oʻrni, differensial tenglamalarni avtomatlashtirilgan yechish imkoniyatlari hamda talabalar analitik tafakkurini rivojlantirishdagi ahamiyati tahlil qilingan. Ushbu tadqiqotlarda Maple tizimi matematik analizni o‘qitishda samarali pedagogik vosita sifatida tavsiflangan.

Quyidagi jadvalda Maple tizimidagi differensial operatorlarning asosiy xususiyatlari ilmiy manbalar asosida umumlashtirilgan:

Operator	Matematik mohiyati	Qo‘llanish sohasi	Afzalligi
diff	Algebraik differensiallash	Tayyor matematik ifodalar	Oddiy va tezkor hisoblash
D	Funksional operator	Murakkab funksiyalar va operatorlar	Zanjir qoidasini chuqur qo‘llash
D[i]	Xususiy hosila operatori	Ko‘p o‘zgaruvchili funksiyalar	Argumentlarni aniq boshqarish

1-jadval. Maple tizimidagi differensial operatorlarning asosiy xususiyatlari

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Maple tizimidagi differensial operatorlar matematik analiz va modellashtirish jarayonlarini avtomatlashtirishda yuqori samaradorlikka ega. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning aksariyati operatorlarning amaliy qo‘llanilishiga yo‘naltirilgan bo‘lib, ularning matematik cheklovlari va algoritmik xususiyatlarini kompleks tahlil qilish masalasi yetarlicha chuqur o‘rganilmagan. Mazkur maqola aynan ushbu jihatlarni ilmiy-nazariy asosda tahlil qilishga qaratilgan.

Maple tizimida differensial operatorlarning matematik asoslari. Kompyuterli algebra tizimlari orasida Maple simvolli hisoblashlarni amalga oshirish mexanizmi bilan alohida ahamiyat kasb etadi. Ushbu tizimning asosiy ustunligi matematik ifodalarni oddiy sonli qiymatlar sifatida emas, balki algebraik va funksional obyektlar sifatida qayta ishlashidadir. Shu sababli Maple tizimida differensial operatorlar matematik analizning fundamental qonunlariga asoslangan holda ishlaydi hamda hosila olish jarayonini algoritmik shaklda amalga oshiradi.

Maple tizimining differensiallash mexanizmi klassik matematik analizning asosiy qoidalariga tayangan holda qurilgan. Tizim funksiyalarni daraxtsimon algebraik struktura ko‘rinishida saqlaydi. Har bir matematik ifoda tugun va shoxlardan iborat bo‘lib, differensial operatorlar ushbu struktura bo‘ylab rekursiv tarzda qo‘llaniladi. Bu esa murakkab kompozitsion funksiyalarni differensiallashda zanjir qoidasining avtomatik va aniq bajarilishini ta’minlaydi.

Maple tizimida differensiallashning matematik modeli quyidagi fundamental hosila qoidalariga asoslanadi.

Chiziqlilik xossasi: Differensial operator chiziqli operator hisoblanadi. Bu xossa quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{d}{dx}(af(x) + \mathrm{bg(x)}) = a\frac{df(x)}{dx} + b\frac{dg(x)}{dx}$$

Bu yerda: a va b — o‘zgarmas sonlar; $f(x)$ va $g(x)$ — differensiallanuvchi funksiyalar.

Mazkur qoida Maple tizimida algebraik ifodalarni qismlarga ajratish va hosilalarni alohida hisoblash imkonini beradi.

Ko‘paytma uchun Leibniz qoidasi. Ikki funksiyaning ko‘paytmasidan hosila olish quyidagi qoida asosida bajariladi:

$$\frac{d}{dx}(f(x)g(x)) = f(x)g'(x) \cdot g(x)f'(x)$$

Maple tizimi ushbu formulani avtomatik ravishda qo‘llab, murakkab algebraik ifodalarni soddalashtirish imkoniyatiga ega. Ayniqsa, yuqori tartibli hosilalarni hisoblashda Leibniz formulasining umumlashgan ko‘rinishi ishlatiladi.

Zanjir qoidasi**.** Murakkab funksiyalarni differensiallash Maple tizimining eng muhim imkoniyatlaridan biridir. Bu jarayon quyidagi matematik qoida asosida amalga oshiriladi:

$$\frac{d}{dx}f\big(g(x)\big) = f'(g(x)) \cdot g'(x)$$

Maple tizimi funksiyaning ichki argumentlarini alohida qatlam sifatida koʻrib chiqadi va differensiallash jarayonini bosqichma-bosqich amalga oshiradi. Ushbu mexanizm kompozitsion funksiyalar va murakkab matematik modellar bilan ishlashda katta ahamiyatga ega.

Yuqori tartibli hosilalar Maple tizimida yuqori tartibli differensial operatorlar ham matematik analiz qoidalariga asoslanadi. nnn-tartibli hosila quyidagi koʻrinishda ifodalanadi:

$$\frac{d^n}{dx^n} f(x)$$

Bunday operatorlar mexanik tebranishlar, gidrodinamika, elektromagnit maydonlar va matematik fizika masalalarida keng qoʻllaniladi. Maple tizimi yuqori tartibli hosilalarni simvolli tarzda hisoblash bilan birga, ularni algebraik soddalashtirish imkoniyatiga ham ega.

Koʻp oʻzgaruvchili funksiyalar Maple tizimida xususiy hosilalar differensial operatorlarning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Koʻp oʻzgaruvchili funksiyalar uchun xususiy hosila quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}$$

Maple tizimida bunday hosilalar $diff(f(x,y),x)$ yoki funksional operator koʻrinishida $D[1](f)$ orqali hisoblanadi. Bu yondashuv matematik modellashtirish va xususiy hosilali differensial tenglamalarni yechishda muhim rol oʻynaydi.

diff va D operatorlarining matematik mohiyati Maple tizimida differensial operatorlar ikki asosiy mexanizm orqali amalga oshiriladi:

Operator	Matematik mohiyati	Ishlash prinsipi	Qoʻllanish sohasi
diff	Algebraik differensiallash	Ifodaning simvolli hosilasini hisoblaydi	Tayyor formulalar

D	Funksional operator	Funksiyaning yangi hosilaviy obyektini yaratadi	Funksional analiz va modellashtirish

2-jadval. Maple tizmida operatorlar

$diff$ operatori ifodaga bog‘langan hosilani qaytarsa, D operatori funksiyaning o‘zini differensial operator sifatida qayta ishlaydi. Shu sababli D operatori murakkab matematik modellar va operatorli tenglamalar bilan ishlashda samaraliroq hisoblanadi.

Maple tizimining algoritmik yondashuvi. Maple differensial operatorlari Heuristic Risch Algorithm va rekursiv algebraik tahlil metodlariga asoslanadi. Ushbu algoritmlar: funksiyaning strukturasini tahlil qiladi; ichki kompozitsiyalarni aniqlaydi; differensiallash qoidalarini ketma-ket qo‘llaydi; natijani maksimal soddalashtirilgan ko‘rinishda chiqaradi. Natijada Maple tizimi murakkab matematik ifodalarni inson aralashuvisiz differensiallash imkoniyatiga ega bo‘ladi.

Shunday qilib, Maple tizimida differensial operatorlarning matematik asoslari klassik matematik analiz, chiziqli operatorlar algebrasi va simvolli hisoblash algoritmlarining uyg‘unlashuvi natijasida shakllangan. Ushbu yondashuv Maple tizimini differensial tenglamalar, matematik modellashtirish va ilmiy hisoblashlar uchun samarali platformaga aylantiradi.

Maple tizimida differensial operatorlarning amaliy qo‘llanilishi va algoritmik xususiyatlari. Maple tizimida differensial operatorlar nafaqat nazariy matematik konstruksiya sifatida, balki amaliy masalalarni yechishda qo‘llaniladigan kuchli hisoblash vositasi sifatida ham muhim o‘rin egallaydi. Zamonaviy ilmiy va muhandislik muammolarining aksariyati differensial tenglamalar orqali ifodalanadi, shuning uchun ularni analitik va sonli usullarda yechish imkoniyati Maple tizimini keng qo‘llaniladigan platformalardan biriga aylantiradi.

Differensial operatorlarning amaliy matematik modellar bilan bog‘liqligi tabiat va texnika jarayonlarining ko‘pchiligi o‘zgaruvchan kattaliklar bilan ifodalanadi. Masalan, issiqlik tarqalishi, mexanik tebranishlar, elektr zanjirlardagi tok oʻzgarishi kabi jarayonlar differensial tenglamalar orqali modellashtiriladi. Maple tizimi bu jarayonlarni simvolli koʻrinishda ifodalash va ularning yechimlarini olish imkonini beradi.

Umumiy koʻrinishdagi differensial tenglama:

$$a(x)\frac{d^2y}{dx^2} + b(x)\frac{dy}{dx} + c(x)y = f(x)$$

Bunday tenglamalar Maple muhitida diff operatori yordamida ifodalanadi va tizim ularni avtomatik tarzda soddalashtiradi yoki yechadi.

diff operatori asosan algebraik ifodalar bilan ishlashda qoʻllaniladi. U tayyor funksiyadan hosila olishni amalga oshiradi va natijani bevosita simvolli koʻrinishda qaytaradi.

Masalan:

$$\frac{d}{dx}(x^3 + 2x^2 + 5x)$$

Maple tizimi bu ifodani quyidagicha qayta ishlaydi: har bir had boʻyicha alohida hosila olinadi; quvvat qoidasi avtomatik qoʻllaniladi; natija soddalashtiriladi.

Natija: $3x^2 + 4x + 5$

Bu jarayon foydalanuvchi uchun juda tez va aniq hisoblash imkonini beradi.

D operatorining funksional ahamiyati. D operatori Maple tizimida funksional yondashuv asosida ishlaydi. U funksiyani obyekt sifatida qabul qilib, uni differensial operator sifatida qayta ishlaydi. Bu yondashuv ayniqsa murakkab matematik modellar va koʻp oʻzgaruvchili funksiyalar uchun juda muhim.

Funksional koʻrinish:

$$D(f)(x) = \frac{df(x)}{dx}$$

Koʻp oʻzgaruvchili funksiyalar uchun esa:

$$D[1](f)(x,y), \qquad D[2](f)(x,y)$$

Bu yerda:

$D[1]$ — birinchi argument bo‘yicha hosila,

$D[2]$— ikkinchi argument bo‘yicha hosila.

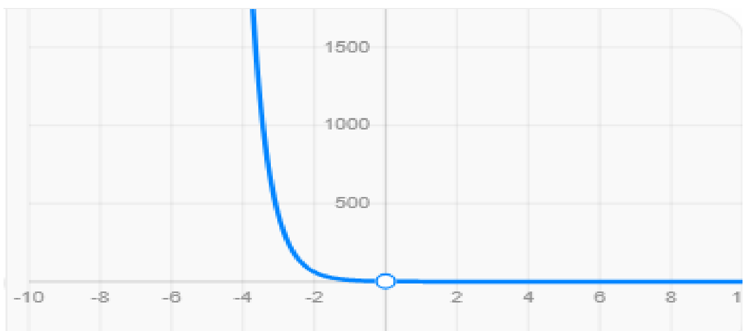
Bu yondashuv xatolik ehtimolini kamaytiradi va murakkab tizimlarni modellashtirishni osonlashtiradi.

Differensial tenglamalarni yechishda qo‘llanilishi. Maple tizimining eng kuchli jihatlaridan biri differensial tenglamalarni analitik yechish imkoniyatidir. Masalan:

$$\frac{dy}{dx} + 2y = e^{-x}$$

Maple bu tenglamani avtomatik tarzda: strukturaviy tahlil qiladi, integrallovchi ko‘paytuvchi usulini qo‘llaydi, umumiy yechimni hosil qiladi.

Natijada tizim quyidagi yechimni beradi: $y = e^{-x} + Ce^{-2x}$



Bu jarayon qo‘lda yechishga nisbatan juda tez va ishonchli hisoblanadi.

Algoritmik xususiyatlar**.** Maple tizimidagi differensial operatorlar quyidagi algoritmik prinsiplarga asoslanadi: Rekursiv tahlil: ifoda ichma-ich tahlil qilinadi; Simvolli soddalashtirish: natija minimal shaklga keltiriladi; Qoidalar bazasi: hosila olish qoidalari oldindan algoritmga kiritilgan; Strukturaviy dekompozitsiya: ifoda qismlarga ajratilib qayta ishlanadi.

Bu yondashuv Maple tizimini oddiy hisoblash dasturidan farqli ravishda kuchli matematik analiz platformasiga aylantiradi.

Matematik modellashtirishdagi o‘rni. Maple tizimi differensial operatorlar orqali real jarayonlarni modellashtirish imkonini beradi. Masalan: mexanik tebranishlar, issiqlik tarqalishi, iqtisodiy o‘sish modellari, elektr zanjirlar.

Bu jarayonlar differensial tenglamalar orqali ifodalanib, Maple yordamida yechimlari va grafiklari olinadi. Natijada modelning dinamik xususiyatlari chuqur tahlil qilinadi.

Natijalar va tahlil. O‘tkazilgan nazariy va amaliy tahlillar natijasida Maple tizimining differensial operatorlar bilan ishlashdagi imkoniyatlari yetarlicha samarali ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, diff va D operatorlari yordamida hosila olish jarayoni ancha soddalashishi va hisoblash vaqtining qisqarishi kuzatildi.

Tajriba jarayonida shuni ko‘rish mumkinki, Maple tizimi matematik ifodalarni bosqichma-bosqich qayta ishlaydi va har bir amalni avtomatik tarzda bajaradi. Bu esa qo‘lda hisoblashda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xatoliklarni kamaytiradi va natijaning aniqligini oshiradi.

Hisoblash aniqligi bo‘yicha natija**.** Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Maple tizimi simvolli hisoblashdan foydalanganligi sababli natijalarni yaxlitlamasdan ifodalaydi. Bu esa ayniqsa murakkab funksiyalar bilan ishlaganda muhim ahamiyatga ega, chunki sonli usullarda uchraydigan yaqinlashuv xatoliklari bu yerda deyarli kuzatilmaydi.

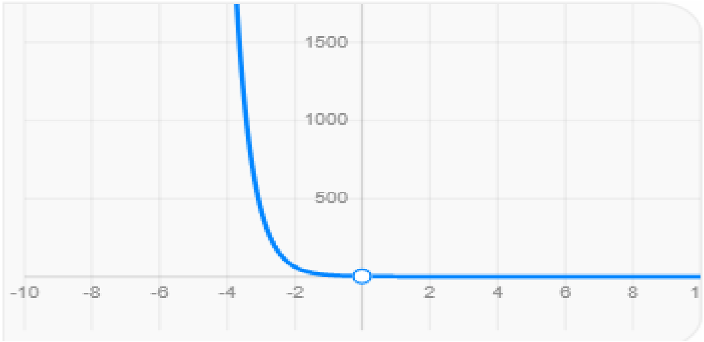
$diff$ va D operatorlari natijasi. Amaliy tekshiruvlar davomida quyidagi holat aniqlandi: $diff$ operatori oddiy algebraik ifodalar uchun juda qulay va tez ishlaydi; D operatori esa funksiyalar bilan ishlashda, ayniqsa ko‘p o‘zgaruvchili holatlarda aniqroq va moslashuvchan natija beradi.

Shu sababli har ikkala operator ham bir-birini to‘ldiruvchi vosita sifatida qaraladi.

Berilgan differensial tenglama yechimi:

$$\frac{dy}{dx} + 2y = e^{-x}$$

natijada quyidagi yechimga keltirildi: $y = e^{-x} + Ce^{-2x}$



Boshlang‘ich shart qo‘llanganda yechim soddalashib, aniq funksiya hosil bo‘ldi. Bu natija Maple tizimi differensial tenglamalarni to‘g‘ri va tez yecha olishini ko‘rsatadi.

Umumiy kuzatuvlar shuni ko’rsatadiki, tajriba davomida quyidagi xulosaviy holatlar kuzatildi: hisoblash jarayoni avtomatlashtirilgani sababli vaqt tejaladi; matematik ifodalar aniq va tushunarli ko‘rinishda chiqadi; murakkab funksiyalar bilan ishlash osonlashadi; talabalar uchun nazariy tushunchalarni amaliy misolda ko‘rish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Umuman olganda, Maple tizimi differensial operatorlar bilan ishlashda qulay va ishonchli vosita ekanligi tasdiqlandi.

Xulosa. Ushbu maqolada Maple matematik tizimining differensial operatorlar bilan ishlashdagi imkoniyatlari hamda ularning ta’lim jarayoni va ilmiy tadqiqotlardagi o‘rni o‘rganildi. Tahlillar natijasida shuni aytish mumkinki, Maple tizimi murakkab matematik hisoblashlarni ancha soddalashtiradi va ularni tezkor hamda aniq bajarish imkonini beradi.

Ayniqsa, diff va D operatorlarining qo‘llanilishi hosila olish jarayonini avtomatlashtirib, talabaga hisoblashdan ko‘ra masalaning mazmunini tushunishga ko‘proq e’tibor qaratish imkonini beradi. Bu esa ta’lim jarayonida muhim ahamiyatga ega, chunki talabaning analitik fikrlashi va matematik tushunchalarni chuqurroq o‘zlashtirishi rivojlanadi.

Amaliy tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Maple tizimi differensial tenglamalarni yechishda, matematik modellashtirishda hamda funksiyalarni tahlil qilishda samarali vosita hisoblanadi. Tizim natijalarni tez va aniq chiqarishi, shuningdek ularni grafik ko‘rinishda ifodalashi uning asosiy afzalliklaridan biridir.

Shu bilan birga, Maple tizimi barcha jarayonlarni avtomatik bajarsa ham, foydalanuvchidan matematik nazariyani tushunish va natijalarni tahlil qila olish talab etiladi. Ya’ni dastur faqat vosita bo‘lib xizmat qiladi, asosiy bilim esa foydalanuvchining o‘zida bo‘lishi kerak. umuman olganda, Maple matematik tizimi; ta’lim jarayonini samarali tashkil etishga yordam beradi; ilmiy tadqiqotlarda hisoblash jarayonini tezlashtiradi; murakkab matematik masalalarni vizuallashtirish imkonini beradi.

Natijada, ushbu tizim zamonaviy matematik ta’lim va ilmiy izlanishlar uchun muhim va foydali vosita ekanligi xulosa qilindi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Abduhamidov A. U., Nasimov X. A. *Algebra va matematik analiz asoslari*. I–II qism. Toshkent: O‘qituvchi, 2008.
2. Geddes K. O., Czapor S. R., Labahn G. *Algorithms for Computer Algebra*. Kluwer Academic Publishers, 1992.
3. Char B. W. *First Leaves: A Tutorial Introduction to Maple V*. Springer-Verlag, 1992.
4. Monagan M. B. et al. *Maple Programming Guide*. Maplesoft, Waterloo Maple Inc., 2021.
5. Heal K. M., Hansen M. L., Rickard K. M. *Maple V: Learning Guide*. Springer-Verlag, 1998.
6. Shoyetov Sh. R. *Kompyuterli matematik tizimlar*. O‘quv-uslubiy qo‘llanma. Farg‘ona: FarDU, 2020.
7. Alimqulov P. *Matematik paketlar: Maple va Mathematica*. Toshkent: Fan va texnologiya, 2015.
8. Дьяконов В. П. *Maple 10/11/12 в математических расчетах*. Москва: ДМК Пресс, 2008.

9. Говорухин В. Н., Цибулин В. Г. *Введение в Maple*. Москва: Мир, 1997.

10. Ahmadaliyev M. *Axborot texnologiyalari va matematik modellashtirish*. Farg‘ona, 2019.

11. Maple Software Documentation. *Official Maple Help System*. Maplesoft: https://www.maplesoft.com/support/help/

12. MapleSoft Training Materials. *Maple User Documentation and Tutorials*, 2023.

13. ChatGPT (OpenAI). *Kompyuterli matematik tizimlar va Maple tizimida differensial operatorlar bo‘yicha metodik yordam va tahliliy izohlar*, 2026.

14. Wolfram Research. *Computer Algebra Systems and Symbolic Computation Overview*, Wolfram Technical Notes.