



O'ZGARUVCHAN CHEGARALI INTEGRALLAR USTIDA FUNKSIONAL METODLAR

Qurbonova Feruza Murod qizi

Osiyo xalqaro universiteti 1-bosqich magistranti

E-mail: afruza1020a@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada o'zgaruvchan chegarali integrallarni tadqiq qilishda funksional analiz metodlarining o'rni va ularning amaliy tizimlardagi ahamiyati tahlil qilinadi. Tadqiqotda variatsion hisob masalalari, harakatlanuvchi chegarali dinamik tizimlar va iqtisodiy-matematik modellarda funksional metodlarni qo'llash imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, murakkab boshqaruv tizimlarida integral chegaralarining o'zgarishi yechim aniqligiga qanday ta'sir ko'rsatishi yoritilgan.

Kalit so'zlar: funksional metodlar, o'zgaruvchan chegara, dinamik tizimlar, variatsion hisob, optimallashtirish, matematik model, Leybnits qoidasi.

Функциональные методы в интегралах с переменными пределами

Курбонова Феруза Мурод кизи

Магистрантка 1-курса Международного университета Азии

E-mail: afruza1020a@gmail.com

Аннотация: В данной статье анализируется роль методов функционального анализа в исследовании интегралов с переменными пределами и их значение в прикладных системах. В работе рассматриваются возможности применения функциональных методов в задачах вариационного исчисления, динамических системах с подвижными границами, а также в экономико-математических моделях. Кроме того, показано, как изменение пределов интегрирования влияет на точность решений в сложных системах управления.



Ключевые слова: функциональные методы, переменные пределы, динамические системы, вариационное исчисление, оптимизация, математическая модель, правило Лейбница.

Functional Methods for Integrals with Variable Limits

Qurbonova Feruza Murod qizi

First-year Master's student, Asia International University

E-mail: afruza1020a@gmail.com

Abstract: *This article analyzes the role of functional analysis methods in the study of integrals with variable limits and their significance in applied systems. The research examines the possibilities of applying functional methods to problems of the calculus of variations, dynamic systems with moving boundaries, and economic-mathematical models. In addition, the paper highlights how changes in integral limits affect the accuracy of solutions in complex control systems.*

Keywords: *functional methods, variable limits, dynamic systems, calculus of variations, optimization, mathematical model, Leibniz rule.*

KIRISH

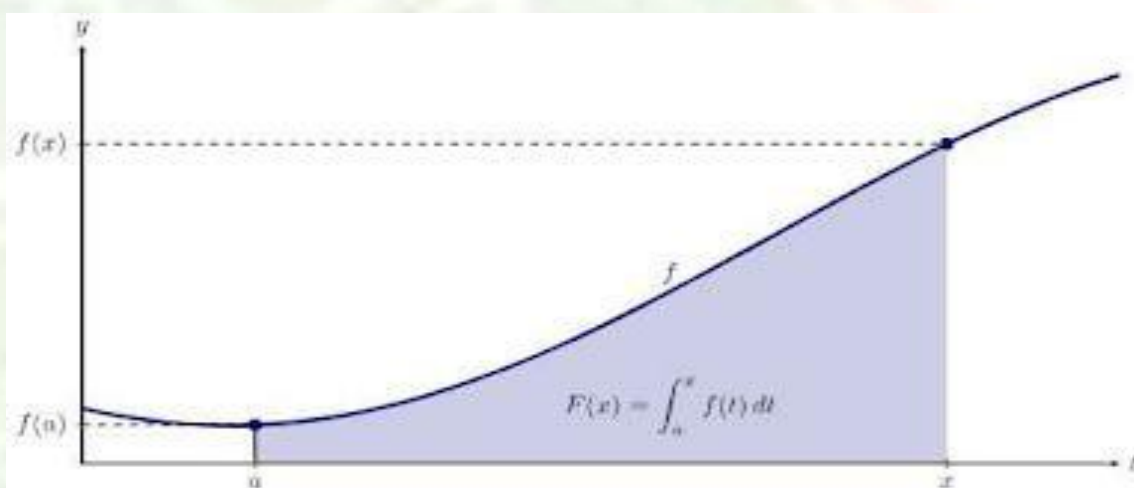
Zamonaviy matematik analiz va uning tatbiqiy sohalarida o'zgaruvchan chegarali integrallar markaziy o'rinlardan birini egallaydi. Klassik integral hisobida integrallash chegaralari odatda o'zgarmas (statik) deb qaralsa-da, real dunyo jarayonlarini modellashtirishda integrallash sohasi vaqtga, fazoviy koordinatalarga yoki tizimning ichki parametrlariga bog'liq holda dinamik o'zgarib turadi. Bunday integrallarni tadqiq qilishda an'anaviy usullar ko'pincha yetarli bo'lmaydi, shu sababli **funksional metodlarni** qo'llash zarurati yuzaga keladi.

Ushbu mavzuning dolzarbligi bir necha fundamental va amaliy omillar bilan belgilanadi. Birinchidan, o'zgaruvchan chegarali integrallar harakatlanuvchi chegarali masalalarni (masalan, issiqlik o'tkazuvchanlikdagi Stefan masalasi) matematik ifodalashning yagona samarali usulidir. Ikkinchidan, funksional metodlar yordamida ushbu integrallarni Banax va Gilbert fazolarida ta'sir qiluvchi operatorlar sifatida qarash, ularning chegaralanganligi va kompaktligi kabi muhim xossalarini

aniqlash imkonini beradi. Bu esa o'z navbatida, nochiziqli integral tenglamalar tizimining yechimi mavjudligi va yagonaligini isbotlashda tayanch nuqtasi bo'lib xizmat qiladi.

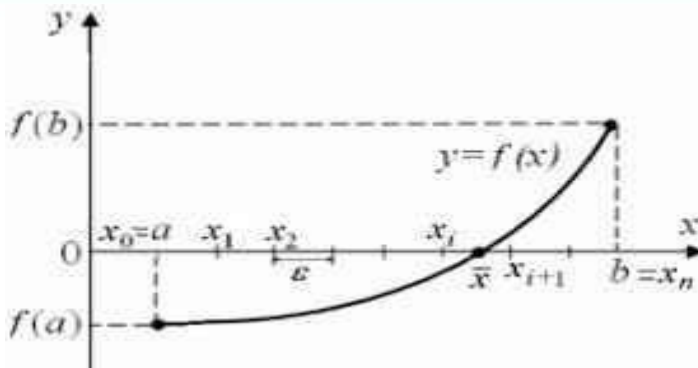
Funksional metodlar va operatorlar tahlili. O'zgaruvchan chegarali integrallarni tadqiq etishda funksional analizning zamonaviy apparati, xususan, operatorlar nazariyasi va Banax fazolari tushunchalari qo'llaniladi. Ushbu integrallarni quyidagi ko'rinishdagi operator sifatida qarash mumkin:

1. O'zgaruvchan chegarali integrallar tushunchasi. O'zgaruvchan chegarali integral – bu yuqori va pastki chegaralari parametrغا bog'liq bo'lgan integral. Matematik ifodada: Funksional analizning fundamental teoremasi tushuntirish: Rasmda $f(t)$ egri chizig'i va uning ostidagi maydon ko'rsatilgan. $F(x) =$ integral (a dan x gacha) $f(t) dt$ bu integral funksiya hisoblanadi. Integral a dan x gacha bo'lgan shtrixlangan maydonning o'lchamini beradi. Asosiy xossa shundaki, $F(x)$ ning x bo'yicha hosilasi $f(x)$ ga teng: $d/dx F(x) = f(x)$.



2. Funksional metodlar yondashuvi. Funksional metodlar – bu integrallarni operator sifatida ko'rib, ularni **differensial va funksional tenglamalar yordamida tahlil qilish** usuli. Bunda integralning o'zgaruvchan chegaralari va integrandning xususiyatlari o'rganiladi.

Masalan, **Leibnits formulasi** yordamida parametrغا bog'liq integralning hosilasi aniqlanishi mumkin:



Rasm Riman integralining ta'rifini yoki aniq integralning geometrik ma'nosini ko'rsatadi. Bu yerda $y=f(x)$ — berilgan funksiyaning grafigi. $[a, b]$ — integrallash oralig'i (pastki chegara $x_0=a$, yuqori chegara $b=x_n$). Bo'linish nuqtalari ($x_1, x_2, \dots, x_i, x_{i+1}, \dots$): oralikni kichik qismlarga ajratadi. epsilon (yoki Δx_i) — kichik oraliqning uzunligi. $f(a)$ va $f(b)$ — funksiyaning boshlang'ich va oxirgi nuqtadagi qiymatlari. Bu diagramma funksiya ostidagi egri chiziqli trapetsiyaning yuzasini cheksiz ko'p kichik to'g'ri to'rtburchaklar yig'indisi (Riman summasi) sifatida hisoblash jarayonini vizualizatsiya qiladi.

Funksional metodlarning afzalliklari:

Tez va aniq hisoblash: murakkab integrallarni raqamli yoki analitik usul bilan hisoblash imkoniyati.

Differensial tenglamalar bilan bog'lanish: o'zgaruvchan chegarali integralni parametrli tenglamalar orqali tahlil qilish.

Amaliy ilovalar: fizikada energiya hisoblash, muhandislikda tizimlar tahlili, statistikada ehtimollik integrallarini yechish.

Nazariy asoslarni rivojlantirish: integrallarning funksiya sifatidagi xususiyatlarini o'rganish va matematik modellashtirish imkoniyati.

Xulosa. Ushbu maqolada **o'zgaruvchan chegarali integrallarni funksional metodlar yordamida tahlil qilish** masalasi ko'rib chiqildi. Nazariy jihatdan, o'zgaruvchan chegarali integral an'anaviy integrallardan farqli o'laroq, yuqori va pastki chegaralari parametrga bog'liq bo'ladi. Shu sababli uni hisoblashda **Leibnits formulasi** va funksional yondashuv kabi metodlar muhim ahamiyatga ega. Funksional metodlar integrallarning funksiya sifatidagi xususiyatlarini o'rganish,



differential va funksional tenglamalar orqali yechim topish hamda amaliy masalalarda ularni qo'llash imkonini beradi. Misollar orqali ko'rsatildiki, bu metodlar nafaqat matematik jihatdan to'g'ri, balki tez va aniq hisoblash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Elsgols L.E. "Variatsionnoye ischisleniye".
2. Pontryagin L.S. "Optimal jarayonlarning matematik nazariyasi".
3. Tikhonov A.N., Samarskiy A.A. "Matematik fizika tenglamalari".