ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫНЫН ТҮШТҮК БӨЛҮМҮНҮН ЖАРАТЫЛЫШ РЕСУРСТАРЫ ИНСТИТУТУ

ЖАЛАЛ-АБАД МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

К 01.19.599 ДИССЕРТАЦИЯЛЫК КЕҢЕШИ

Кол жазма укугунда
УДК 517.968.

Камбарова Айсалкын Даминовна

САН ОГУНДА ВОЛЬТЕРРАНЫН БИРИНЧИ ТҮРДӨГҮ ИНТЕГРАЛДЫК ТЕҢДЕМЕЛЕРИН РЕГУЛЯРИЗАЦИЯЛОО ЖАНА ЧЫГАРЫЛЫШТАРЫНЫН ЖАЛГЫЗДЫГЫ

01.01.02 – дифференциалдык теңдемелер, динамикалык системалар жана оптималдык башкаруу

Физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын

АВТОРЕФЕРАТЫ

Ош – 2021

Диссертациялык иш Ош мамлекеттик университетинин математикалык анализ кафедрасында аткарылган

Илимий жетекчиси: **Асанов Авыт,** физика-математика илимдеринин доктору, профессор, “Манас” Кыргыз-Түрк университетинин математика бөлүмүнүн профессору

Расмий оппоненттери: **Ашырбаева Айжаркын Жоробековна,** физика-математика илимдеринин доктору, профессор, ОшТУнун колдонмо математика кафедрасынын башчысы

Тампагаров Куштарбек Бекмуратович, физика-математика илимдеринин доктору, доцент, Илимий изилдөө медициналык-социалдык институтунун табигый-гуманитардык дисциплиналар кафедрасынын профессору

Жетектөөчү мекеме: Жусуп Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетинин дифференциалдык теңдемелер кафедрасы, 720033, Бишкек шаары, Абдымомунов көчөсү 238.

Диссертацияны коргоо 2022-жылдын «12» январында саат 13:00до Ош мамлекеттик университетине, Кыргыз Республикасынын УИАнын Түштүк бөлүмүнүн жаратылыш ресурстары институтуна жана Жалал-Абад мамлекеттик университетине караштуу физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн түзүлгөн К 01.19.599 диссертациялык кеңешинин жыйынында болуп өтөт.

Дареги: Кыргыз Республикасы, 723500, Ош шаары, Ленин көчөсү, 331, башкы корпус, 203-аудитория.

Диссертацияны коргоонун онлайн трансляциялоонун идентификациялык коду: https://vc.vak.kg/b/k01-wvo-b1l-2lm.

Диссертация менен Ош мамлекеттик университетинин борбордук китепканасынан жана диссертациялык кеңештин oshsu.kg сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 2021-жылдын 10-декабрында жөнөтүлдү.

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.ф.-м.н., доцент Бекешов Т.О.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Акыркы жылдары биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелер теориясы корректтүү эмес теориялардын аймагы катары өнүгүп келе жатат. Математикалык маселелердин арасында чыгарылышы баштапкы берилгендердин бир аз өзгөрүүлөрүнө туруксуз болгон маселелердин классы бар. Алар баштапкы маалыматтардын бир аз эле өзгөрүшү чыгарылыштарынын олуттуу эркин өзгөрүшүнө алып келиши менен мүнөздөлөт. Мындай типтеги маселелер корректүү эмес коюлган маселелердин классына кирет.

Корректтүү эмес коюлган маселелердин бир классы болуп “Биринчи түрдөгү сызыктуу интегралдык теңдемелер” эсептелет.

Көпчүлүк тескери маселелер корректтүү эмес коюлган маселелерге кирет. Мисалы, баштапкы маалыматтардын бир аз өзгөрүшү чыгарылышынын бир топ өзгөрүшүнө алып келиши мүмкүн. Корректтүү эмес коюлган маселелерди чыгаруунун азыркы теориясы, россиялык математиктер – А.Н. Тихоновдун, М.М. Лаврентьевдин, В.К. Ивановдун эмгектерине, жана алардын илимий мектептерине негизделип, келип чыккан кыйынчылыктарды жоюуга шарт түзөт. Корректтүү эмес маселелер теориясынын жана тиркемелеринин өнүгүшүнө окумуштуулар М.М. Лаврентьев, А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин, В.К. Иванов, В.В. Васин, М.И. Иманалиев, В.П. Танана, В.Г. Романов, А.Г. Ягола, Ю.Е.Аниконов, С.П Шишатский, В.А.Морозов, А.Л. Бухгейм, А.М. Денисов, Н.С. Габбасов, С.И. Кабанихин, А.С. Апарцин, А. Асанов, А. Саадабаев, Т.Д. Омуров, Т.Т. Каракеев, Б.С. Аблабеков, А.Дж. Сатыбаев, А. Сраждинив, З.А. Каденова, Т.О. Бекешов, К.С. Ободоева, А.К. Тойгонбаева ж.б. олуттуу салымдарын кошушкан

Диссертациянын темасынын илимий-изилдөө программалары жана долбоорлор менен байланышы. Диссертациялык иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Теориялык жана колдонмо математика институтунун ИИИнин: «Динамикалык системалардын туруктуулугу, тескери маселелердин чыгарылышы, экономикалык жана геофизикалык процесстер теориясында компьютердик моделдештирүүнү, асимптотикалык, топологиялык жана аналитикалык усулдарды өнүктүрүү жана тиркемелери» (2016-2018-жж., мам. каттоо номери №0007125) долбоорлорунун алкагында аткарылды жана ушул долбоорлор боюнча отчетторго киргизилди.

Изилдөөнүн максаты жана маселелери. Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелерин жана алардын системаларын сан огунда чыгаруу үчүн регуляризациялоочу операторлорду тургузуу жана чыгарылышынын жалгыздыгын далилдөө.

Коюлган максатка жетүү үчүн төмөндөгү **маселелер** түзүлдү:

-сан огунда Вольтерранын интегралдык теңдемелери үчүн чыгарылыштарынын жалгыздыгынын жетиштүү шарттарын алуу;

-сан огунда Вольтерранын интегралдык теңдемелери жана системалары үчүн регуляризациялоочу операторлорду тургузулуу;

-сан огунда Вольтерранын сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системалары үчүн чыгарылыштарынын жалгыздыгы теоремасын далилдөө.

Изилдөөнүн методдору. Изилдөөнүн жүрүшүндө функционалдык анализ усулу, М.М. Лаврентьевдин регуляризациялоо ыкмасы, интегралдык өзгөртүүлөр ыкмалары колдонулду.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы:

Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык тендемелери үчүн:

-сызыктуу интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди;

-сызыктуу эмес интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди;

-регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыгарылды.

-сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди;

-сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыгарылды.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү. Иш теориялык мүнөзгө ээ. Изилдөөнүн натыйжасында алынган теориялык жыйынтыктар илимдин жана техниканын ар кандай аймактарында колдонулушу мүмкүн.

Диссертациянын коргоого коюлуучу негизги жоболору. Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык тендемелери үчүн:

-сызыктуу интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана теңдемелеринин чечимдеринин жалгыздыгынын жетиштүү шарттары орнотулду;

-сызыктуу эмес интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана теңдемелеринин чечимдеринин жалгыздыгынын жетиштүү шарттары орнотулду;

-регуляризациялоо параметринин алгоритми иштелип чыгарылды.

-сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу эмес интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана теңдемелеринин чечимдеринин жалгыздыгынын жетиштүү шарттары орнотулду;

-сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыгарылды.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелерин жана системаларын чыгаруу үчүн:

-регуляризациялоочу операторлорду тургузуудан жана чечимдеринин жалгыздыгын далилдөөдөн турат, [5] жана [8] жумуштарда авторлошторго, Тойгонбаева А.К., Беделова Н.С., Мурзабаева А.Б., Ободоева Г.С., Оморов А.О., прикладдык маселелерди чыгарууда алынган натыйжаларды талкуулоо жана тариздөө тийиштүү.

Диссертациянын натыйжаларын апробациялоо. Диссертациянын материалдары боюнча бир нече эл аралык жана республикалык конференцияларда баяндамалар жасалды:

- «Интеграция науки в современном мире» аттуу илимий конференцияда. Москва ш., 29-30 июня 2021 ж.;

- А. Самойленконун туулган күнүнүн 80 жылдыгына арналган «Mathematical Analysis, Differential Equation & Applications – MADEA 8» конференцияда. Бишкек-Чолпон-Ата,17-23 июнь 2018 жыл.

Андан сырткары “Математиканын актуалдуу маселелери жана анын колдонулуштары” аттуу аймактык илимий семинарларда талкууланган (семинардын жетекчиси: ф.-м.и.д. профессор, КР УИАнын корреспондент-мүчөсү К. Алымкулов, Ош ш., 2018-2021-жж.).

Диссертациянын натыйжаларынын басылмаларга чагылдыруу толуктугу. Диссертациялык иштин негизги мазмуну изденүүчүнүн РИНЦке кирген рецензирленчүүчү басылмаларда, жыйнактарда жана чет өлкөлүк мезгилдик басылмаларда жарыкка чыккан 8 илимий макаласында жарыяланган. Нөл эмес импакт-фактору бар журналдар 5 макала, жалпы балл-198.

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертация киришүүдөн, параграфтарга бөлүнгөн үч бөлүмдөн, корутундудан жана 91 аталыштагы колдонулган булактардын тизмесинен турат. Тексттин көлөмү 91 бет.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

1-бапта **[Изилдөө темасы боюнча адабияттардын талдоосу]** корректтүү эмес маселелер жана корректтүү эмес маселелерге келтирилүүчү маселелер теориясындагы илимий изилдөөлөрдүн негизги жыйынтыктарынын обзору жасалды.

2-бапта **[Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелери]** сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелеринин чыгарылыштары үчүн $C_0{}^1(R)$ жана $C_{\varphi}^{\gamma}(R)$, мейкиндигинде жалгыздык теоремасы далилденип, М.М. Лаврентьев боюнча регуяризациялоочу операторлор тургузулган жана регуляризациялоо параметри тандалган.

3-бап **[сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелеринин системалары]** сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелеринин системаларынын чечимдеринин жалгыздыгы теоремасын далилдөөгө жана М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу операторлорун тургузууга, ошондой эле регуляризациялоо параметрин тандоого багытталды.

§2.1де (1) тендеменин чечимдери үчүн $C_0^1(R)$ мейкиндигинде жалгыздык теоремасы далилденет жана регуляризациялоочу оператор тургузулат.

Төмөнкү Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу интегралдык теңдемеси каралган

$$\int_{-\infty}^{t} K(t,s)u(s)ds = f(t), \qquad t \in (-\infty, +\infty), \tag{1}$$

мында, $K(t,s)$ жана $f(t)$ – берилген функциялар, $u(t)$ – белгисиз функция.

(1) интегралдык теңдеме менен катар Вольтерранын экинчи түрдөгү интегралдык теңдемеси каралган

$$\varepsilon \succ 0 \ \varepsilon v(t,\varepsilon) + \int_{-\infty}^{t} K(t,s)v(s,\varepsilon)ds = f(t) + \varepsilon u_0, \tag{2}$$

мында, $\varepsilon \succ 0$ – кичине параметр ,$u_0 = \lim\limits_{t\to-\infty} u(t)$, ал эми $u(t)$ – (1) тендеменин чыгарылышы.

Төмөнкү шарттар орун алсын:

а) бардык $t \in R$ үчүн $K(t,t) \geq 0$

$$\int_{-\infty}^{t} |K(t,s)| ds \epsilon C(-\infty, +\infty), K(t,t) \epsilon L_{1,loc}(-\infty; +\infty).$$

б) бардык t_1, $t_2 \in (-\infty; +\infty)$ үчүн

$$|K(t_1,s) - K(t_2,s)| \leq l(s) \left| \int_{t_1}^{t_2} K(s,s)ds \right|,$$

мында, бардык $t \in (-\infty; +\infty)$ үчүн $l(t) \geq 0$, $l(t) \in L_1(-\infty; +\infty)$.

Төмөнкү теорема далилденген:

1-теорема. $u(t) \in C_0^1(R)$ жана а), б) шарттары аткарылсын, мында $u(t)$ –(1) теңдеменин чечими. Анда (2) теңдеменин $v(t,\varepsilon)$ чыгарылышы, $\varepsilon \to 0$ учурда (1) теңдеменин $u(t)$ чыгарылышына умтулат, бул жерде $u_0 = \lim\limits_{t\to-\infty} u(t)$ жана төмөнкү баа орун алат

$$\|v(t,\varepsilon) - u(t)\|_C \leq M_1 \varepsilon,$$

мында $M_1 = M_0 exp\left(\int\limits_{-\infty}^{\infty} l(s)ds \right)$, $|u'(t)| \le M_0 K(t,t)$, $t \in R$.

Мында $u(t) \in C_0^1(R)$ болот

$$\lim_{t\to-\infty} u(t) = u_0 \in R, \; |u'(t)| \le M_0 K(t,t), \; \forall t \in R.$$

шарты аткарылганда гана.

1-натыйжа. а), б) шарттары аткарылсын жана дээрлик бардык $t \in (-\infty, \delta)$ үчүн $K(t,t)>0$ шартын канааттандыра турган $\delta \in R$ жашасын. Анда (1) теңдеменин чыгарылышы $C_0{}^1(R)$ мейкиндигинде жалгыз болот.

Мисал. (1) жана (2) теңдемелерди

$$K(t,s) = \frac{|s|}{\left(1+s^2\right)^2}\left[\frac{1}{1+s^2} + \int\limits_s^t \frac{|\tau|}{\left(1+\tau^2\right)^3} d\tau\right], \; (t,s) \in G$$

учурларда карайбыз, бул учурда теореманын шарттары

$$K(s,s) = \frac{|s|}{\left(1+s^2\right)^3}, \; l(s) = \frac{|s|}{\left(1+s^2\right)^2}, \; s \in R$$

болгон учурларда аткарылат.

$\forall t_1, t_2 \in R$

$$K(t_1,s) - K(t_2,s) = \frac{|s|}{\left(1+s^2\right)^2} \int\limits_{t_2}^{t_1} \frac{|\tau|}{(1+\tau^2)^3} d\tau$$

алабыз.

Мындан

$$|K(t_1,s) - K(t_2,s)| \le l(s) \left| \int\limits_{t_1}^{t_2} K(\tau,\tau) d\tau \right|$$

ээ болобуз.

§2.2де (1) тендеменин $C_\varphi^\gamma(R)$, $0<\gamma\le1$ мейкиндигинде чечимдеринин жалгыздыгы теоремасы далилденген жана регуляризациялоочу оператор тургузулган.

Бир убакта (1) жана (2) интегралдык тендемелер каралган.

Төмөнкү теорема далилденди.

2-теорема. а), б) жана $u(t) \in C_\varphi^\gamma(R)$, $0<\gamma\le1$ шарттары аткарылсын. Анда (2) теңдеменин $v(t,\varepsilon)$ чыгарылышы, $\varepsilon \to 0$ учурда (1) теңдеменин $u(t)$ чыгарылышына умтулат жана төмөнкү баа орун алат

$$\|v(t,\varepsilon) - u(t)\|_C \le M_2 \varepsilon^\gamma$$

мында $M_2 = M_0 M_1 exp\left(\int\limits_{-\infty}^{\infty} l(s)ds\right)$, каалагандай t_1, $t_2 \in R$ үчүн

$$\left|u(t_1) - u(t_2)\right| \le M_0 \left|\int\limits_{t_1}^{t_2} K(s,s)ds\right|^{\gamma}, \; M_1 = \sup_{\nu \ge 0}(e^{-\nu}\nu^{\gamma}) + \int\limits_{0}^{\infty} e^{-\nu}\nu^{\gamma}d\nu,$$

$$\varphi(t) = \int\limits_{-\infty}^{t} K(s,s)ds, \; t \in R.$$

2-натыйжа. 2-теореманын шарттары аткарылсын жана дээрлик бардык $t \in (-\infty, \delta)$ үчүн $K(t,t) > 0$ шартын канааттандыра турган $\delta \in R$ жашасын. Анда (1) тендеменин чечими $C_{\varphi}^{\gamma}(R), 0 < \gamma \le 1$ мейкиндигинде жалгыз болот.

§2.3тө (3) интегралдык теңдеме үчүн регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыккан.

$$\left\| f(t) - f_{\delta}(t) \right\|_{C} \le \delta, \; \left|u_0 - u_{o\delta}\right| \le c_1\sqrt{\delta}$$

шарттары аткарылсын, мында δ жана c_1 – оң туруктуулар.
Төмөнкү теңдемени карайбыз

$$\varepsilon v_{\delta}(t,\varepsilon) + \int\limits_{-\infty}^{t} K(t,s)v_{\delta}(s,\varepsilon)ds = f_{\delta}(t) + \varepsilon u_{0\delta}, \; t \in R. \qquad (3)$$

3-теорема. 2-теореманын шарттары аткарылсын. Анда (3) теңдеменин $v_{\delta}(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon = \delta^{\frac{1}{\gamma+1}}$ болгон учурда $C(R)$ де норма боюнча (1) теңдеменин $u(t)$ чыгарылышына умтулат жана төмөнкү баалоо туура болот

$$\left\| u(\mathrm{t}) - v_{\delta}(\mathrm{t}, \sqrt{\delta}) \right\|_{C} \le \left(M_2 + 3M_3\right)\delta^{\frac{\gamma}{\gamma+1}} + C_1 M_3 \sqrt{\delta}$$

мында $M_3 = \exp\left\{\int_{-\infty}^{\infty} l(\mathrm{s})\,\mathrm{ds}\right\}$.

§ 2.4тө Вольтерраннын биринчи түрдөгү сызыктуу эмес интегралдык тендемесинин чыгарылыштары үчүн $C_{\varphi}^{\gamma}(R), 0 < \gamma \le 1$ мейкиндигинде жалгыздык теоремасы далилденет жана регуляризациялоочу оператор тургузулат.

Төмөнкү Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу эмес интегралдык теңдемеси изилденген

$$\int\limits_{-\infty}^{t} K\left(t,s,u\left(s\right)\right)ds = f\left(t\right), \; t \in R. \qquad (4)$$

мында $K(t,s,u)$ жана $f(t)$ – берилген функциялар, $u(t)$ – белгисиз функция.
(4) теңдеме менен катар (5) Вольтерранын экинчи түрдөгү сызыктуу эмес интералдык теңдемеси каралган

$$\varepsilon v(t,\varepsilon)+\int\limits_{-\infty}^{t}K\big(t,s,v(s,\varepsilon)\big)ds=f(t)+\varepsilon u_0,\ u_0=\lim_{t\to-\infty}u(t)\in R \tag{5}$$

мында

$$K(t,s,u)=K(t,s)u+K_1(t,s,u),(t,s,u)\in G\times R. \tag{6}$$

Төмөнкү шарт аткарылсын:

c) $t_2\geq t_1$ болгон учурда каалаган (t_1,s), $(t_2,s)\in G$ жана (t_1,s,u_1), (t_1,s,u_2), (t_2,s,u_1), $(t_2,s,u_2)\in G\times R$ үчүн төмөнкү барабарсыздык орун алсын:

$$\left|K_1(t_1,s,u_1)-K_1(t_1,s,u_2)-K_1(t_2,s,u_1)+K_1(t_2,s,u_2)\right|\leq l_1(s)\left|\int\limits_{t_1}^{t_2}K(s,s)ds\right|\left|u_1-u_2\right|$$

жана бардык $(t,u)\in R^2$: $K_1(t,s,0)=0$ жана $(t,s)\in G$ үчүн $K_1(t,t,u)=0$ болсун.

Төмөнкү теорема далилденген:

4-теорема. Жогорудагы а), б), с) шарттары жана $u(t)\in C_\varphi^\gamma(R)$, аткарылсын, мында $u(t)$ – (4) теңдеменин чечими. Анда (5) теңдеменин $v(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon\to 0$ умтулганда (4) тендеменин $u(t)$ чыгарылышына умтулат жана төмөнкү баалоо орун алат:

$$\left\|v(t,\varepsilon)-u(t)\right\|_C\leq M_2\varepsilon^\gamma,$$

мында $\varphi(t)=\int\limits_{-\infty}^{t}K(s,s)ds,t\in R,$

$$M_2=M_0M_1exp\left(\int_{-\infty}^{\infty}\big(l(s)+l_1(s)\big)ds\right),\forall t_1,t_2\in R,$$

$$\left|u(t_1)-u(t_2)\right|\leq M_0\left|\int\limits_{t_1}^{t_2}K(s,s)ds\right|^\gamma,\qquad M_1=\sup_{v\geq 0}(e^{-v}v^\gamma)+\int\limits_{0}^{\infty}e^{-v}v^\gamma dv.$$

3-натыйжа. Жогорудагы а), б) с) шарттары аткарылсын жана дээрлик бардык $t\in R$ үчүн $K(t,t)>0$ болгон, $\alpha\in R$ жашасын, анда (4) тендеменин чыгарылышы $u(t)\in C_\varphi^\gamma(R),0\prec\gamma\leq 1$ мейкиндигинде жалгыз болот.

Мисал. (4) жана (5) теңдемелерин

$$K(t,s,u)=\frac{1}{1+4s^2}\left[\frac{|s|}{1+4s^2}+\int\limits_{s}^{t}\frac{|\tau|}{(1+4\tau^2)^2}d\tau\right]u-\frac{6}{1+9s^2}\left[\int\limits_{s}^{t}\frac{|\tau|}{(1+4\tau^2)^2}d\tau\right]\frac{u}{1+u^2},(t,s,u)\in G\times R$$

болгон учурларда карайлы, бул учурда теореманын шарттары

$$K(t,s)=\frac{1}{1+4s^2}\left[\frac{|s|}{1+4s^2}+\int\limits_{s}^{t}\frac{|\tau|}{(1+4\tau^2)^2}d\tau\right],(t,s)\in G,$$

$$K_1(t,s,u)=-\frac{6}{1+9s^2}\left[\int\limits_{s}^{t}\frac{|\tau|}{(1+4\tau^2)^2}d\tau\right]\frac{u}{1+u^2},(t,s,u)\in G\times R,$$

$$K(t,t)=\frac{|t|}{\left(1+4t^2\right)^2},\ l(t)=\frac{1}{1+4t^2},\ l_1(t)=\frac{12}{1+9t^2},\ t\in R.$$

учурларда аткарылат.

Чынында эле, каалаган t_1, $t_2 \in R$ үчүн

$$K(t_1,s)-K(t_2,s)=\frac{1}{1+4s^2}\int_{t_1}^{t_2}\frac{|\tau|}{\left(1+4\tau^2\right)^2}d\tau.$$

мындан

$$\left|K(t_1,s)-K(t_2,s)\right|\le l(s)\left|\int_{t_1}^{t_2}K(\tau,\tau)d\tau\right|.$$

§ 2.5те сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу эмес интегралдык теңдемелерин регуляризациялоо параметри тандалган.
Бир убакта (4) жана төмөнкү интегралдык теңдемелер каралган

$$\varepsilon v_\delta(t,\varepsilon)+\int_{-\infty}^{t}K\left(t,s,v_\delta(s,\varepsilon)\right)ds=f_\delta(t)+\varepsilon u_{0\delta}, \tag{7}$$

мында $K(t,s,u)$ (6) формула менен аныкталат.

$$\left\| f(t)-f_\delta(t)\right\|_c\le\delta,\ \left|u_0-u_{o\delta}\right|\le c_1\sqrt{\delta}.$$

Төмөнкү теоремалар далилденген:

5-теорема. Жогорудагы а), б), с) жана $u(t)\in C_\varphi^\gamma(R)$, шарттары аткарылсын. Анда (5) теңдеменин $v(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon\to 0$ умтулганда (4) тендеменин $u(t)$ чыгарылышына умтулат жана төмөнкү баа орун алат:

$$\left\|v(t,\varepsilon)-u(t)\right\|_C\le M_2\varepsilon^\gamma,$$

мында $$M_2=M_0M_1 exp\left(\int_{-\infty}^{\infty}\left(l(s)+l_1(s)\right)ds\right),\ \forall t_1,t_2\in R$$

$$|u(t_1)-u(t_2)|\le M_0\left|\int_{t_1}^{t_2}K(s,s)ds\right|^\gamma,\ M_1=\sup_{\nu\ge 0}(e^{-\nu}\nu^\gamma)+\int_0^\infty e^{-\nu}\nu^\gamma d\nu.$$

6-теорема. Жогорудагы а), б), с) жана $u(t)\in C_\varphi^\gamma(R)$ шарттары аткарылсын. Анда (7) тендеменин $v_\delta(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon=\delta^{\frac{1}{\gamma+1}}$ болгон учурда, $C(R)$ нормасы боюнча (4) тендеменин $u(t)$ чыгарылышына жыйналат жана

$$\left\|u(t)-v_\delta(t,\sqrt{\delta})\right\|_C\le\left(M_2+3M_3\right)\delta^{\frac{\gamma}{\gamma+1}}+C_1M_3\sqrt{\delta}$$

баалоо туура болот, мында

$$M_2=M_0M_1 exp\{\int_{-\infty}^{\infty}[l(s)+l_1(s)]ds\},\ M_3=exp\{\int_{-\infty}^{\infty}[l(s)+l_1(s)]ds\},$$

$$M_1 = \sup_{v \ge 0}(e^{-v}v^{\gamma}) + \int_0^{\infty} e^{-v}v^{\gamma}dv,\ M_0 = \sup_{t,\tau \in R}\frac{|u(t)-u(\tau)|}{\left|\int_{\tau}^{t} K(\tau,\tau)d\tau\right|^{\gamma}},\ 0<\gamma\le 1.$$

3-бапта сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелеринин системалары изилденген.

§ 3.1де сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасынын бир классынын чыгарылыштарын регуляризациялоо маселеси каралган.

Бир учурда төмөндөгүдөй эки сызыктуу интегралдык теңдемелер системасы каралат

$$\int_{-\infty}^{t} K(t,s)u(s)ds = f(t),\ t \in R, \tag{8}$$

$$\varepsilon v(t,\varepsilon) + \int_{-\infty}^{t} K(t,s)v(s,\varepsilon)ds = f(t) + \varepsilon u_0,\ t \in R \tag{9}$$

мында $0<\varepsilon$ – кичине параметр, $K(t,s)$ функциясы $G=\{(t,s); -\infty < s \le t < \infty\}$ аймагында аныкталган белгилүү 2×2 –ченемдүү матрицалык функция, $f(t)$ – белгилүү эки ченемдүү вектор функция, $u\ (t)$ жана $v(t,\varepsilon)$ – белгисиз вектор функциялар, $u_0 = \lim_{t\to -\infty} u(t),\ u_0 \in R^2$.

Төмөндөгү шарттар аткарылсын:

a) $K(t,s)=\{K_{ij}(t,s)\}$, $i,j=1,2$; $K_{ij}(t,s)\in C(G)$, $t\in R$ үчүн $\|K(t,s)\|$, $K(s,s)\in L_1(-\infty,t)$ жана $K_{ij}(t,t)\in C(R)$, мында $G=\{(t,s):-\infty<s\le t<\infty\}$;

b) $K_{11}(t,t)+K_{22}(t,t)\ge 0$ жана

$$K_{11}(t,t)K_{22}(t,t) \ge \frac{1}{4}\left(K_{12}(t,t)+K_{21}(t,t)\right)^2,\ \forall t \in R$$

c) $t>\tau$ болгон учурда, каалагандай (t,s), $(\tau,s)\in G$ үчүн

$$\|K(t,s)-K(\tau,s)\| \le l(s)\int_{\tau}^{t}\lambda(s)ds,\ \ l(t)\in C(R)\cap L_1(R)$$

баалоосу туура болсун.

Төмөнкү леммалар жана теорема далилденген.

1-лемма. а), б) шарттары аткарылсын жана $X(t,s,\varepsilon)$ функциясы Кошинин матрицалык функциясы болсун, б.а

$$\frac{dX(t,s,\varepsilon)}{dt} = -\frac{1}{\varepsilon}K(t,t)X(t,s,\varepsilon),$$
$$X(s,s,\varepsilon) = I_2$$

мында I_2 – экинчи тартиптеги бирдик матрица.

Анда

$$\|X(t,s,\varepsilon)\| \le exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t \lambda(\tau)d\tau\right),(t,s)\in G$$

баалоосу туура болот.

2-лемма. a), b) жана $u(t)\in C^1_{\varphi,2}(R)$ шарттары орун алсын

$$F(t,\varepsilon)=X(t,-\infty,\varepsilon)\left[u(-\infty)-u(t)\right]+\int_{-\infty}^{t} R(t,\tau,\varepsilon)\left[u(t)-u(\tau)\right]d\tau, \varepsilon>0,$$

мында

$$R(t,s,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}X(t,s,\varepsilon)K(s,s),\ (t,s)\in G$$

$\left[-\frac{1}{\varepsilon}K(s,s)\right]$ – матрицалык ядросунун резольвентасын түзсүн

$$\varphi(t)=\int_{-\infty}^{t}\lambda(s)ds,\ t\in R,\ \lambda(t)>0$$

дээрлик бардык $t\in R$, $\|K(t,t)\|\le N_0\ \lambda(t)$ жана дээрлик бардык $t\in R$, $N_0>0$ үчүн. Анда төмөнкү баалоо туура болот

$$\|F(t,\varepsilon)\|_C \le c_1\varepsilon^{\gamma},$$

мында

$$c_1 = M\sup_{\nu\ge 0}(e^{-\nu}\nu^{\gamma})+MN_0\int_0^{\infty}e^{-\nu}\nu^{\gamma}d\nu, M=\sup_{t,s\in R,t\ne s}\frac{\|u(t)-u(s)\|}{|\varphi(t)-\varphi(s)|^{\gamma}}.$$

3-лемма. a), b), c), $\|K(t,t)\|\le N_0\lambda(t)$, $\forall\ t\in R$ шарттары аткарылсын жана

$$H(t,s,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}X(t,s,\varepsilon)\left[K(t,s)-K(s,s)\right]+\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t R(t,\tau,\varepsilon)\left[K(t,s)-K(\tau,s)\right]ds, (t,s)\in G$$

болсун, анда

$$\|H(t,s,\varepsilon)\|\le\left(e^{-1}+N_0\right)l(s),(t,s)\in G,\varepsilon>0.$$

баалоосу туура болот.

7-теорема. a), b), c), $\|K(t,t)\|\le N_0\lambda(t)$ шарттары орун алсын, бардык $t\in R$ учун (8) система $u(t)\in C^1_{\varphi,2}(R)$ чыгарылышка ээ. Анда (9) системанын $v(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon\to 0$ учурда $C_{2,0}(R)$ нормасы боюнча $u(t)$ га жыйналат жана төмөнкү баа орун алат

$$\|v(t,\varepsilon)-u(t)\|_C\le c_2\varepsilon,$$

мында $c_2=c_1\exp\left\{\left(e^{-1}+N_0\right)\int_{-\infty}^{\infty}l(s)ds\right\}$, c_1-турактуу 2-леммада аныкталган.

4-натыйжа. Эгерде a), b), c), $\|K(t,t)\|\le N_0\lambda(t)$, $t\in R$ шарттары аткарылса жана дээрлик бардык $t\in(-\infty,T]$ үчүн $\lambda(t)>0$ болгон учурда $T\in R$ жашаса, анда $C^1_{\varphi,2}(R)$ мейкиндигинде (8) системанын чыгарылышы жалгыз болот.

§ 3.2де Вольтерранын сан огундагы биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегральдык теӊдемелеринин системасынын чыгарылышын регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыккан.

Бир убакта Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасын, (8) жана (9) теңдемелер системасын карайбыз. (9) дагы $f(t)$ нын ордуна анын жакындаштырылган $f_\delta(t)$ мааниси берилсин деп алалы

$$\varepsilon v_\delta(t,\varepsilon)+\int_{-\infty}^{t}K(t,s)v_\delta(s,\varepsilon)ds=f_\delta(t)+\varepsilon u_{0\delta},\ t\in R \tag{10}$$

мында $v_\delta(t,\varepsilon)$ – изделүүчү вектор-функция.

Төмөнкү теорема далилденген:

8-теорема. a), b), c), $\|K(t,t)\|\leq N_0\lambda(t)$ шарттары орун алсын. Анда (10) системанын $v_\delta(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon=\sqrt{\delta}\to 0$ умтулган кезде $C_т$(R) нормасы боюнча (8) системанын $u(t)$ чечимине жыйналат жана

$$\left\|u(t)-v_\delta(t,\sqrt{\delta})\right\|_C\leq C_4\sqrt{\delta}$$

баалоосу туура болот, мында $C_4=C_2+C_0C_3+C_3$.

§3.3 тө сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасын регуляризациялоо жана чыгарылыштарынын жалгыздыгы маселелери $C^{\gamma}_{\phi,n}(R)$, $0\prec\gamma\leq 1$ мейкиндигинде каралган.

Төмөндөгү шарттар аткарылсын:

а) $K(t,s)=\{K_{ij}(t,s)\},\ i,j=1,2,...,n;\ K_{ij}(t,s)\in C(G)$ үчүн, фиксирленген $t\in R,\ \|K(t,s)\|,\ \|K(s,s)\|\in L_1(-\infty,t)$ жана $K_{ij}(t,t)\in C(R)$, мында $C(G)$ – G дагы бардык үзгүлтүксүз функциялардын мейкиндиги;

б) $t\in R$ $\lambda(t)\geq 0$ болгон учурда жана $\lambda(t)\in C(R)$ мында $\lambda(t)=\min_i\lambda_i(t),\ t\in R$ формуласынын жардамында аныкталат;

с) $t>\tau$ болгон учурда каалаган (t,s), $(\tau,s)\in G$ үчүн

$$\|K(t,s)-K(\tau,s)\|\leq l(s)\left[\int_{\tau}^{t}\lambda(s)ds\right],$$

мында $l(t)\in C(R)\cap L_1(R)$,баалоосу туура.

4-лемма. а), б) шарттары аткарылсын жана $X(t,s,\varepsilon)$ – Кошинин матрицалык функциясы болсун, б.а.

$$\frac{dX(t,s,\varepsilon)}{dt}=-\frac{1}{\varepsilon}K(t,t)X(t,s,\varepsilon),X(t,t,\varepsilon)=I_n$$

$I_n-n\times n-$ ченемдүү бирдик матрица. Анда

$$\|X(t,s,\varepsilon)\|\leq exp\left[-\int_{s}^{t}\frac{1}{\varepsilon}\lambda(\tau)d\tau\right],(t,s)\in G$$

баалоосу туура болот.

5-лемма. а), б) шарттары аткарылсын жана $u(t)\in C^{\gamma}_{\phi,n}(R)$, 0<γ<1

$$F(t,\varepsilon)=X(t,-\infty,\varepsilon)\left[u(-\infty)-u(t)\right]+\int_{-\infty}^{t}R(t,\tau,\varepsilon)\left[u(-\infty)-u(\tau)\right]d\tau,\ \varepsilon>0,$$

мында

$$R(t,s,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}X(t,s,\varepsilon)K(s,s),(t,s)\in G,$$

дээрлик бардык $t\in R$ үчүн

$$\varphi(t)=\int_{-\infty}^{t}\lambda(s)ds,\ t\in R,\ \lambda(t)>0$$

[$-\frac{1}{\varepsilon}K(t,t)$], матрицалык ядросунун резольвентасы болсун жана бардык $t\in R$, $N_0>0$ $\|K(t,t)\|\le N_0\lambda(t)$ барабарсыздыгы орун алсын. Анда

$$\|F(t,\varepsilon)\|_C\le c_1\varepsilon^{\gamma},$$

баалоосу туура болот, мында

$$c_1=M\sup_{\nu\ge 0}(e^{-\nu}\nu^{\gamma})+MN_0\int_0^{\infty}e^{-\nu}\nu^{\gamma}d\nu,\ M=\sup_{t,s\in R,t\ne s}\frac{\|u(t)-u(s)\|}{|\varphi(t)-\varphi(s)|^{\gamma}}.$$

6-лемма. а), б), с) жана

$$H(t,s,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}X(t,s,\varepsilon)\left[K(t,s)-K(s,s)\right]+\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t R(t,\tau,\varepsilon)\left[K(t,s)-K(\tau,s)\right]ds,$$

шарттары аткарылсын, мында $(t,s)\in G$. Анда

$$\|H(t,s,\varepsilon)\|\le\left(e^{-1}+N_0\right)l(s),(t,s)\in G,\varepsilon>0.$$

баалоосу туура болот.

9-теорема. а), б), с) жана бардык $t\in R$ учун $\|K(t,t)\|\le N_0\lambda(t)$ шарттары орун алсын жана (8) система $u(t)\in C^{\gamma}_{\phi,n}(R), 0<\gamma\le 1$ чыгарылышына ээ болсун. Анда (9) системанын $v(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon\to 0$ умтулганда $C_{n,0}(R)$ деги норма боюнча $u(t)$ га жыйналат. Мындан төмөнкү баа орун алат

$$\|v(t,\varepsilon)-u(t)\|_C\le c_2\varepsilon^{\gamma},0\prec\gamma\le 1,$$

мында

$$c_2=c_1 exp\left\{\left(\varepsilon^{-1}+N_0\right)\int_{-\infty}^{\infty}l(s)ds\right\},$$

$$c_1=M\sup_{\nu\ge 0}(e^{-\nu}\nu^{\gamma})+MN_0\int_0^{\infty}e^{-\nu}\nu^{\gamma}d\nu,\ M=\sup_{t,s\in R,t\ne s}\frac{\|u(t)-u(s)\|}{|\varphi(t)-\varphi(s)|^{\gamma}}.$$

5-натыйжа. Эгерде a) b) c), $\|\mathrm{K(t,t)}\| \le \mathrm{N}_0\lambda(t), t \in \mathrm{R}$ шарттары аткарылса жана дээрлик бардык $t \in (-\infty; T)$ учун $\lambda(t) > 0$ болгон, $T \in R$ жашаса, анда (8) системанын чечими $C^{\gamma}_{\phi,n}(R)$ мейкиндигинде жалгыз болот.

Мисал. (8) жана (9) системаларын

$$K(t,s) = \begin{pmatrix} k_{11}(t,s)k_{12}(t,s) \\ k_{13}(t,s)k_{14}(t,s) \end{pmatrix},$$

$$k_{11}(t,s) = a_1(s) + l_1(s)\left[\int_s^t \beta_1(\tau)d\tau\right],$$

$$k_{12}(t,s) = a_2(s) + l_2(s)\left[\int_s^t \beta_2(\tau)d\tau\right],$$

$$k_{21}(t,s) = a_3(s) + l_3(s)\left[\int_s^t \beta_3(\tau)d\tau\right],$$

$$k_{22}(t,s) = a_4(s) + l_4(s)\left[\int_s^t \beta_4(\tau)d\tau\right], (t,s) \in G,$$

болгон учурларда карайлы, мында фиксирленген

$$t \in R,\ a_1(s), a_2(s), a_3(s),\ \lambda(s) = \min_{i=1,3} a_1(s)$$

$$\beta_1(s), \beta_2(s), \beta_3(s) \in L_1(-\infty, t), l_1, (t) l_2(t), l_3(t), l_4(t) \in L_1(R),$$

$a_1(t) \ge 0$ жана $a_2(t) \ge 0$ үчүн бардык $t \in R, |a_i(t)| \le M_1\lambda(t)$ бардык $t \in R,$

$i = 1,2,3, |\beta_j(t)| \le M_2\lambda(t)$ жана $|l_j(t)| \le M_3 l_5(t)$ бардык $t \in R,$

$j = 1,2,3,4, l_5(t) \in L_1(R), M_{1,}, M_2, M_3$ $-$оң белгилүү турактуу сандар.

Бул учурда теореманын шарттары

$$\lambda(t) = \min_{i=1,3} a_i(t), l(t) = 2M_2M_3l_5(t), t \in R, N_0 = 2M_1.$$

болгон учурларда аткарылат.

КОРУТУНДУ

Аталган диссертациялык жумушта жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн натыйжасында төмөндөгү жыйынтыктар алынды:

Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык тендемелери үчүн:

-сызыктуу интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди;

-сызыктуу эмес интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди;

-регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыгарылды.

-сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн чечимдерине М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди;

-сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн регуляризациялоо параметрин тандоо алгоритми иштелип чыгарылды.

Диссертациялык иште сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелеринин, ошондой эле алардын системаларынын чечимдеринин жалгыздыгы жана регуляризациялоо маселелери изилденди. Функционалдык анализ жана барабарсыздыктар ыкмаларын пайдаланып сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелери жана алардын системаларынын чечимдеринин жалгыздыгы теоремасы далилденди жана регуляризациялоочу операторлор тургузулду.

Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелеринин сан огунда чечимдеринин жалгыздыгы жана регуляризациялоо маселелерин изилдөөнүн натыйжалары илимдин жана техниканын ар түрдүү аймактарында колдонулушу мүмкүн.

ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. **Камбарова, А.Д**. Регуляризация и единственность решений линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси [Текст] / А. Асанов, А.Д. Камбарова // Известия кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2015. – № 1(34). – С. 184-187.
2. **Камбарова, А.Д**. Класс линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси [Текст] / А.Д. Камбарова // Альманах современной науки и образования. – 2016. – № 2(104). – С. 59-62.
3. **Камбарова, А.Д**. Выбор параметра регуляризации линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода [Текст] / А.Д.Камбарова // Приволжский научный вестник. – 2016. – № 5(57). – С. 27-31.
4. **Камбарова, А.Д**. Регуляризация и единственность решений нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси [Текст] / А.Д. Камбарова // Проблемы современной науки и образования. – 2016. – № 2(44). – С. 29-35.
5. **Камбарова, А.Д**. Об одном классе нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси [Текст] / А.К. Тойгонбаева, А.Д. Камбарова, Г.С. Ободоева, А.О. Оморов // Вестник филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Российский государственный социальный университет”. [Текст] / Ош, 2021. – №1(23). – С. 114-122.
6. **Камбарова, А.Д.** Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу эмес интегралдык теңдемелерин чыгаруудагы регуляризациялоо параметрин тандоо [Текст] / А. Асанов, А.Д. Камбарова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – № 6. – Бишкек, 2019. – С.33-41.
7. **Камбарова, А.Д**. Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасынын чыгарылышын регуляризациялоо параметрин тандоо [Текст] / А. Асанов, А.Д. Камбарова // наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – № 7. – Бишкек, 2020. – С. 3-8.
8. **Камбарова, А.Д.** Регуляризация решений одного класса систем линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси [Текст] / А.Д. Камбарова, А.К. Тойгонбаева, Н.С. Беделова, А.Б. Мурзабаева // Евразийское Научное Объединение. – Москва, 2021. – №6-1(76). – С. 34-37.

Камбарова Айсалкын Даминовнанын «Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелерин регуляризациялоо жана чыгарылыштарынын жалгыздыгы» деген темада 01.01.02 – дифференциалдык теңдемелер, динамикалык системалар жана оптималдык башкаруу адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Урунттуу сөздөр: биринчи түрдөгү Вольтерранын интегралдык теңдемеси, регуляризация, чыгарылышынын жалгыздыгы, туруктуулугун баалоо

Изилдөөнүн объектиси катары сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелери каралды.

Изилдөөнүн максаты: Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык теңдемелерин сан огунда чыгаруу үчүн регуляризациялоо операторун тургузуу жана чечимдеринин жалгыздыгын далилдөө, жана аларды чыгаруунун натыйжалуу ыкмаларын теориялык жактан негиздөө менен иштеп чыгуу.

Изилдөөнүн методдору. Изилдөөнүн жүрүшүндө функционалдык анализ, М.М. Лаврентьевдин регуляризациялоо ыкмасы, интегралдык өзгөртүүлөр ыкмалары ж.б. колдонулду.

Изилдөөнүн илимий жаңылыктары. Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү интегралдык тендемелери үчүн сызыктуу интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерин М.М.Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди. Сызыктуу эмес интегралдык теңдемелери үчүн чечимдерин М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди. Регуляризациялоо параметринин алгоритми иштелип чыгарылды. Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн чечимдерин М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу оператору тургузулду жана чечимдеринин жалгыздыгы далилденди. Сан огунда Вольтерранын биринчи түрдөгү эки сызыктуу интегралдык теңдемелеринин системасы үчүн регуляризациялоо параметринин алгоритми иштелип чыгарылды.

Изилдөөнүн практикалык маанилүүлүгү. Иш теориялык мүнөзгө ээ. Изилдөөнүн натыйжасында алынган теориялык жыйынтыктар илимдин жана техниканын ар кандай аймактарында колдонулушу мүмкүн.

Колдонуу жааты. Интегралдык теңдемелер физикалык эксперименттерде, экономикалык системаларды моделдештирүүдө колдонулушу мүмкүн. Изилдөөнүн натыйжаларын жогорку окуу жайларында дифференциалдык теңдемелер курсун окутууда кошумча материал катары пайдаланууга болот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Камбаровой Айсалкын Даминовны на тему «Регуляризация и единственность решений интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 -дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

Ключевые слова: интегральное уравнение Вольтерра первого рода, единственность решения, регуляризация, параметр регуляризации.

Объектом исследования являются интегральные уравнения Вольтерра первого рода на оси.

Цель исследования заключается в построении регуляризации и доказательстве единственности решений интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси и разработке эффективных методов их решения с теоретическим обоснованием.

Методы исследования. В ходе проведенного исследования использованы функциональный анализ, метод регуляризации М.М. Лаврентьева, методы интегральных преобразований.

Научная новизна:

Для интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси:

– Установлены достаточные условия единственности решения и построены регуляризирующие операторы по М.М. Лаврентьеву для линейных интегральных уравнений;

– Установлены достаточные условия единственности решения и построены регуляризирующие операторы по М.М. Лаврентьеву для нелинейных интегральных уравнений;

– Выбран параметр регуляризации для решений интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси;

– Установлены достаточные условия единственности решения и построены регуляризирующие операторы по М.М. Лаврентьеву для линейных систем интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси;

– Разработан алгоритм выбора параметра регуляризации для решений систем двух линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси.

Практическая значимость полученных результатов. Работа носит теоретический характер. Полученные по результатам исследования теоретические результаты могут быть применены в различных областях науки и техники.

Область применения. Интегральные уравнения могут быть применены в физических экспериментах, моделировании экономических систем. Результаты исследования могут быть использованы в качестве дополнительного материала при прочтении курса дифференциальных уравнений в высших учебных заведениях.

SUMMARY

dissertation "Regularization and uniqueness of solutions of Volterra integral equations of the first kind on the axis"of Kambarova Aisalkyn Daminovna is submitted for the scientific degree of candidate of physical-mathematical sciences by the specialty 01.01.02 – differential equations, dynamical systems and optimal control

Key words: Volterra integral equation of the first kind, uniqueness of a solution, regularization, stability estimate.

The object of research is the Volterra integral equations of the first kind on the axis.

The aim of the work is to construct a regularization and prove the uniqueness of solutions of Volterra integral equations of the first kind on the axis and to develop effective methods for their solution with theoretical justification.

Research methodology. In the course of the study, we used functional analysis, the method of nonnegative quadratic forms, the method of regularization by M.M. Lavrent'ev, methods of integral transformations.

Scientific novelty:

For Volterra integral equations of the first kind on the axis:

- Sufficient conditions for the uniqueness of the solution were established and regularizing operators were constructed according to M.M. Lavrent'ev for linear integral Volterra equations of the first kind on the axis;
- Sufficient conditions for the uniqueness of the solution were established and regularizing operators were constructed according to M.M. Lavrent'ev for nonlinear Volterra integral equations of the first kind on the axis;
-Selected a regularization parameter for integral equations of Volterra of the first kind on the axis;
- Sufficient conditions for the uniqueness of the solution have been established and regularizing operators have been constructed according to M.M. Lavrent'ev for linear systems of Volterra integral equations of the first kind on the axis;
-Developed a regularization parameter for systems of two linear integral Volterra equations of the first kind on the axis.

Theoretical and practical significance. The work is theoretical. The theoretical results obtained from the research can be applied in various fields of science and technology.

Application area. The solution of integral equations is of great applied importance, in particular, it can be applied in mathematical processing (interpretation) of measurement results in physical experiments, modeling of economic systems, geophysics, astrophysics, image processing.

Басмага берилди:
Көлөмү : 1,5 б.т. Буйрутма № ____
Форматы 60х90 1/16. Нускасы 120 даана.
ОшМУ нун “Билим” редакциялык-басма бөлүмү
Ош ш., Ленина к., 331