УДК: 517.91

ВОЛЬТЕРРАНЫН БИРИНЧИ ТИПТЕГИ ИНТЕГРАЛДЫК ТЕҢДЕМЕСИНИН ЧЕЧИМДЕРИН РЕГУЛЯРИЗАЦИЯЛОО ПАРАМЕТРИН ТАНДОО

Авыт Асанов, ф.-м.и.д., КТУ нун проф., Бишкек ш., avyt.asanov@manas.edu.rg
Чоюбеков Сапарбек Мийзамбекович, ОшМУнун ага окут., choybekov.25.04.70@gmail.com, Ош ш,

Аннотация: *Каралып жаткан жумушта Вольтерра биринчи типтеги сызыктуу интегралдык теңдемесин чечими үчүн регуляризациялоо параметри тандалган.*

Көптөгөн эмгектерде интегралдык теңдемелер үчүн ар кандай маселелер изилденген. Вольтерра биринчи типтеги теңдемеси так чыгышка ээ болгон предели боюнча интегралдануучу интегралдык теңдеме болгондо да, сызыктуу жана бул алардын чечимдеринин жалгыздыгы үчүн жаңы ыкмаларды иштеп чыгуу зарылчылыгы менен шартталган. 1-түрдөгү Вольтерра теңдемеси так натыйжасы бар интегралдык теңдеме болгондо да, классикалык эмес, предел боюнча интегралдалуучу теңдемелер сызыктуу болот. Бул классикалык эмес теңдемелердин чечимдеринин уникалдуулугунун жаңы ыкмаларын иштеп чыгуу зарылчылыгы менен шартталган. Бирок бул эмгекте Вольтерранын биринчи типтеги интегралдык теңдемелери үчүн белгилүү натыйжалар алынган, анда Вольтерранын сызыктуу интегралдык теңдемелерин чечүү үчүн М.М. Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу операторлор курулган.

Ачкыч сөздөр: *өсүү, үзгүлтүксүз, шарттар, өзгөрмөлөр, Дирихле, Гроноулла, интеграл, теңдеме, үзгүлтүксүз, резольвант, барабарсыздык.*

ВЫБОР ПАРАМЕТРА РЕГУЛЯРИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРЫ ПЕРВОГО РОДА

Авыт Асанов, д.ф.-м.н., проф. КТУ «Манас», г. Бишкек, avyt.asanov@manas.edu.rg
Чоюбеков Сапарбек Мийзамбекович, Ст.преп. ОшГУ, г. Ош, choybekov.25.04.70@gmail.com

Аннотация: *В рассматриваемой работе выбран параметр регуляризации для решения линейного интегрального уравнения Вольтерра первого рода.*

Во многих работах были исследованы различные вопросы касательно интегральных уравнений. Даже когда уравнение Вольтерра 1-го рода является интегральным уравнением с точным результатом, неклассические уравнения, интегрируемые пределом, являются линейными и это связано с необходимостью разработки новых методов единственности их решений. Но в данной работе получены основопологающие результаты для интегральных уравнений Вольтерра первого рода, где для решения линейных интегральных уравнений Вольтерра построены регуляризирующие операторы по М.М. Лаврентьеву.

Ключевые слова: *возрастающая, непрерывные, условия, переменные, Дирихле, Гроноулла, интеграл, уравнение, непрерывные, резольванта, неравенство.*

SELECTION OF THE REGULARIZATION PARAMETER FOR SOLUTIONS OF THE VOLTERRA INTEGRAL EQUATION OF THE FIRST TYPE

Avyt Asanov, Ph.D., Professor. KTU "Manas", Bishkek, avyt.asanov@manas.edu.rg
Choybekov Saparbek, St. Rev. Osh State University, Osh, choybekov.25.04.70@gmail.com

Abstract: *In this paper, we have chosen a regularization parameter for solving the linear Volterra integral equation of the first kind.*

Various questions for integral equations have been investigated in many papers. Even when the Volterra equation of the first kind is an integral equation with an exact output, non-classical equations

integrable by the limit are linear and this is due to the need to develop new methods for the uniqueness of their solutions. But in this paper, fundamental results are obtained for Volterra integral equations of the first kind, where regularizing operators are constructed according to M.M. Lavrentiev to solve Volterra linear integral equations.
Keywords: *increasing, continuous, conditions, variables, Dirichlet, Gronoull, integral, equation, continuous, resolvent, inequality.*

Киришүү

Интегралдык теңдемелердин теориялык бөлүгү ар кандай эмгектерде изилденген. Атап айтканда, [1] эмгекте Фредгольмдун биринчи типтеги сызыктуу интегралдык теңдемелери изилденген, алар үчүн Лаврентьев боюнча регуляризациялоочу операторлор тургузулган. [2] эмгекте теория келтирилген жана Вольтерранын биринчи типтеги классикалык эмес интегралдык теңдемелерин диагоналда нөлгө чейин дифференцияланган жана нөлдөн айырмаланган ядролору менен чечүүнүн сандык ыкмалары колдонулат. [3, 4] эмгектерде чечимдердин жалгыздыгынын жетиштүү шарттары алынган жана Вольтеррдин биринчи жана үчүнчү типтеги сызыктуу жана сызыктуу эмес интегралдык теңдемелеринин системаларынын чечимдерин регуляризациялоо маселелери изилденген. [5, 7] эмгектерде Липшицтин шарттары менен классикалык эмес интегралдык теңдемени чечүү үчүн регуляризациялоочу оператор курулган жана жалгыздык теоремалары далилденген.

Бул эмгекте вольтеррдин биринчи типтеги классикалык эмес сызыктуу интегралдык теңдемесин чечүү үчүн регуляризация параметри тандалган.

Маселенин коюлушу:

Төмөнкү интегралдык теңдемени карайлы:

$$\int_{\alpha(t)}^{t} K(t,s)u(s)ds = f(t)\,,\ t\in[t_0,T] \tag{1}$$

мында $\alpha(t)\in C[t_0,t]$, $\alpha(t_0)=t_0$, $\alpha(t)\le t$, $t\in[t_0,T]$ жана $K(t,s)$, $f(t)-$ функциялары $G=\{(t,s):\ t_0\le t\le T,\ \ \alpha(t)\le s\le t\}$ аймагында жана $[t_0,t]$ кесиндисинде берилген функциялар, ошондой эле $[t_0,t]$ кесиндисинде $f_\delta(t)$ үзгүлтүксүз функциясы $f(t)$ үзгүлтүксүз функциясына жакындаштырылып берилген функция болсун. Ал эми $u(t)-$ $[t_0,T]$ кесиндисинде изделүүчү функция.

Маселенин чечлиши;

(1) тендеме менен бирге төмөнкү тендемелерди да карайлы:

$$\varepsilon v(t,\varepsilon)+\int_{\alpha(t)}^{t} K(t,s)v(s,\varepsilon)ds = f(t)+\varepsilon u(t_0)\,;\ t\in[t_0,T], \tag{2}$$

$$\varepsilon v_\delta(t,\varepsilon)+\int_{\alpha(t)}^{t} K(t,s)v_\delta(s,\varepsilon)ds = f_\delta(t)+\varepsilon u_\delta(t_0)\,;\ t\in[t_0,T], \tag{3}$$

мында $0<\varepsilon<1-$ кандайдыр кичинекей параметр,

$$\|f(t)-f_\delta(t)\|_C=\sup_{t\in[t_0,T]}|f(t)-f_\delta(t)|<\delta,\ |u(t_0)-u_\delta(t_0)|<\alpha_0\delta\,, \tag{4}$$

$0<\alpha_0$ жана $0<\delta<1$ кичинекей параметр.

Эми (2) теңдемеден (3.3.3) теңдемени кемитип,

$$\xi_\delta(t,\varepsilon)=v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon) \tag{5}$$

белгилөөсүн киргизип төмөнкү

$$\varepsilon\xi_\delta(t,\varepsilon)+\int_{\alpha(t)}^{t} K(t,s)\xi_\delta(s,\varepsilon)ds=[f(t)-f_\delta(t)]+\varepsilon[u(t_0)-u_\delta(t_0)],\ t\in[t_0,T],$$

теңдемени алабыз.

Акыркы теңдемени төмөнкү көрүнүштө кайра жазып чыгабыз:

$$\xi_\delta(t,\varepsilon)+\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^{t} K(s,s)\xi_\delta(s,\varepsilon)ds=-\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha(t)}^{t}[K(t,s)-K(s,s)]\xi_\delta(s,\varepsilon)ds+$$

$$+\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^{\alpha(t)} K(s,s)\xi_\delta(s,\varepsilon)ds+\frac{1}{\varepsilon}[f(t)-f_\delta(t)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)];\ t\in[t_0,T] \tag{6}$$

Эми $-\frac{1}{\varepsilon}K(s,s)$ ядросу үчүн $R(t,s,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}$ резольвантасын колдонуп, (6) теңдемени өзгөртүп түзөбүз [7-9].

$$\xi_\delta(t,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha(t)}^{t}[K(t,s)-K(s,s)]\xi_\delta(s,\varepsilon)ds+\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^{\alpha(t)}K(s,s)\xi_\delta(s,\varepsilon)ds+$$

$$+\frac{1}{\varepsilon}[f(t)-f_\delta(t)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)]+\frac{1}{\varepsilon^2}\int_{t_0}^{t}\int_{\alpha(s)}^{s}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}[K(s,\tau)-K(t,\tau)]\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau ds+$$

$$+\frac{1}{\varepsilon^2}\int_{t_0}^{t}\int_{\alpha(s)}^{s}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}[K(t,\tau)-K(\tau,\tau)]\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau ds-$$

$$-\frac{1}{\varepsilon^2}\int_{t_0}^{t}\int_{t_0}^{\alpha(s)}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}K(\tau,\tau)\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau ds-$$

$$-\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^{t}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}\{\frac{1}{\varepsilon}[f(s)-f_\delta(s)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)]\}ds;\ t\in[t_0,T] \qquad (7)$$

түрүндө жазабыз.

Кош интегралдарды эсептейбиз, бул учурда Дирихленин жалпыланган формуласын колдонобуз жана $d_s(-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau)=\frac{1}{\varepsilon}K(s,s)ds$, $\alpha(t)\le t$, $t\in[t_0,T]$экенин эске алабыз. Буга [7] ду колдонобуз:

I_1, I_2, I_3 жана I_4 түн негизинде (7) теңдеме төмөнкү көрүнүштү алат:

$$\xi_\delta(t,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^{\alpha(t)}\{K(\tau,\tau)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha^{-1}(\tau)}^{t}K(s,s)ds}+\int_{\alpha^{-1}(\tau)}^{\alpha(t)}\frac{1}{\varepsilon}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}\left[K(s,\tau)-K(t,\tau)\right]ds+$$

$$+\left[e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha^{-1}(\tau)}^{t}K(\tau,\tau)d\tau}-e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_\tau^t K(\tau,\tau)d\tau}\right]\left[K(t,\tau)-K(\tau,\tau)\right]\}\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau+$$

$$+\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha(t)}^{t}\{-\left[K(t,\tau)-K(\tau,\tau)\right]+\frac{1}{\varepsilon}\int_{\tau}^{t}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}\left[K(s,\tau)-K(t,\tau)\right]ds+$$

$$+\left[1-e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_\tau^t K(\tau,\tau)d\tau}\right]\left[K(t,\tau)-K(\tau,\tau)\right]\}\xi(\tau,\varepsilon)d\tau+\{\frac{1}{\varepsilon}[f(t)-f_\delta(t)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)]\}-$$

$$-\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^{t}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}\{\frac{1}{\varepsilon}[f(s)-f_\delta(s)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)]\}ds;\ t\in[t_0,T] \qquad (8)$$

Бул (8) теңдемени

$$\xi_\delta(t,\varepsilon)=\int_{t_0}^{\alpha(t)}H_0(t,\tau,\varepsilon)\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau+\int_{t_0}^{\alpha(t)}H_1(t,\tau,\varepsilon)\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau+$$

$$+\int_{\alpha(t)}^{t}H_2(t,\tau,\varepsilon)\xi_\delta(\tau,\varepsilon)d\tau+U_\delta(t,\varepsilon);\ t\in[t_0,T] \qquad (9)$$

түрүндө жазабыз. Мында

$$H_0(t,\tau,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon}K(\alpha^{-1}(\tau),\tau)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha^{-1}(\tau)}^{t}K(s,s)ds}; \tag{10}$$

$$H_1(t,\tau,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_\tau^t K(s,s)ds}[K(t,\tau)-K(\tau,\tau)]+\frac{1}{\varepsilon}[K(t,\tau)-K(\alpha^{-1}(\tau),\tau)]e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_{\alpha^{-1}(\tau)}^{t}K(\tau,\tau)d\tau}+$$
$$+\frac{1}{\varepsilon^2}\int_\tau^{\alpha^{-1}(\tau)}K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}[K(s,\tau)-K(t,\tau)]ds; \tag{11}$$

$$H_2(t,\tau,\varepsilon)=-\frac{1}{\varepsilon}e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_\tau^t K(s,s)ds}[K(t,\tau)-K(\tau,\tau)]-\frac{1}{\varepsilon^2}\int_\tau^t K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}[K(t,\tau)-K(s,\tau)]ds; \tag{12}$$

$$U_\delta(t,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon}[f(t)-f_\delta(t)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)]-$$
$$-\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^t K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}\{\frac{1}{\varepsilon}[f(s)-f_\delta(s)]+[u(t_0)-u_\delta(t_0)]\}ds; \tag{13}$$

Төмөнкү шарттар орун алсын дейли:

1^0 Дээрлик бардык $t\in[t_0,T]$ үчүн $\alpha'(t)>0$ жана $\alpha(t)\in C^1[t_0,T]$;

2^0 Бардык $s\in[t_0,T]$ үчүн $K(s,s)\geq m>0$ жана $K(t,t)\in C[t_0,T]$;

3^0 $\forall t,\tau\in[t_0,T]$ $(t>\tau)$ үчүн жана бардык $(t,s),(\tau,s)\in G$ үчүн $|K(t,\tau)-K(s,\tau)|\leq L(t-s)$, $L>0-const$.

Андан кийин, [7] до далилденген леммаларды төмөнкүчө колдонобуз:

Лемма 1. 1^0-3^0 шарттары орун алсын жана $H_0(t,\tau,\varepsilon)$, $H_1(t,\tau,\varepsilon)$, $H_2(t,\tau,\varepsilon)$ функциялары тиешелүү түрдө (10), (11) жана (12) формулалары менен аныкталсын дейли, анда төмөнкү баалоолор орун алат:

1) $\int_{t_0}^{\alpha(t)}|H_0(t,\tau,\varepsilon)|d\tau\leq\gamma_0,\ t\in[t_0,T];$ (14)

мында $\gamma_0=\sup_{\tau\in[t_0,T]}\frac{|K(\tau,\alpha(\tau))|\alpha'(\tau)}{K(\tau,\tau)}$.

2) $|H_1(t,\tau,\varepsilon)|\leq\frac{L}{m}(2e^{-1}+1)$, $(t,\tau)\in G_1=\{(t,\tau):\ \ t_0\leq t\leq T,\ \ t_0\leq\tau\leq\alpha(t)\}$; (15)

3) $|H_2(t,\tau,\varepsilon)|\leq\frac{L}{m}$, $(t,\tau)\in G=\{(t,\tau):\ \ t_0\leq t\leq T,\ \ \alpha(t)\leq\tau\leq t\}$. (16)

Лемма 2. Эгерде 2^0 шарт орун алса, $U_\delta(t,\varepsilon)$ (13) формула менен аныкталса жана $f(t),f_\delta(t)\in C[t_0,T]$ болсо, анда $[t_0,T]$ кесиндисинде төмөнкү баалоо

$$\|U_\delta(t,\varepsilon)\|_C\leq2(\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta); \tag{17}$$

туура болот. Мында $\|f(t)-f_\delta(t)\|_C=\sup_{t\in[t_0,T]}|f(t)-f_\delta(t)|\leq\delta$, $|u(t_0)-u_\delta(t_0)|\leq\alpha_0\delta$; $0<\alpha_0$ жана $0<\delta<1$ кичинекей параметр.

Далилдөө: Бул учурда ар кандай $t\in[t_0,T]$ үчүн (13) формуладан төмөнкүнү алабыз:

$$U_\delta(t,\varepsilon)\leq\{\frac{1}{\varepsilon}\|f(t)-f_\delta(t)\|_C+\|u(t_0)-u_\delta(t_0)\|_C\}e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^t K(s,s)ds}+$$
$$+\{\frac{1}{\varepsilon}\|f(t)-f_\delta(t)\|_C+\|u(t_0)-u_\delta(t_0)\|_C\}\frac{1}{\varepsilon}\int_{t_0}^t K(s,s)e^{-\frac{1}{\varepsilon}\int_s^t K(\tau,\tau)d\tau}\leq$$

$$\le (\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta)e^{-\frac{1}{\varepsilon_s}\int\limits^{t} K(\tau,\tau)d\tau}+(\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta)e^{-\frac{1}{\varepsilon_s}\int\limits^{t} K(\tau,\tau)d\tau}\le 2(\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta;$$

мында $e^{-\frac{1}{\varepsilon_s}\int\limits^{t} K(\tau,\tau)d\tau}\le 1$. Талап кылынган далилденди.

Теорема 1. 1^0-3^0 шарттары орун алсын жана $\gamma_0 b_0<1$ шарт орун алсын дейли, мында

$$\gamma_0=\sup_{\upsilon\in[t_0,T]}\frac{|K(\upsilon,\alpha(\upsilon))|\alpha'(\upsilon)}{K(\upsilon,\upsilon)},\ b_0=\exp[\frac{L}{m}(2e^{-1}+1)(T-t_0)].$$

Ошондой эле (4) шарты аткарылсын, $v(t,\varepsilon)$ функциясы (2) теңдеменин чыгарылышы болсун, ал эми $v_\delta(t,\varepsilon)$ функциясы (3) интегралдык теңдеменин чыгарылышы болсун дейли. Анда

$$\|v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon)\|_C\le\frac{2b_0}{1-\gamma_0 b_0}[\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta]$$

баалоосу туура болот.

Далилдөө. Бул учурда (5) белгилөөнүн негизинде (9) дан төмөнкү баалоого ээ болобуз:

$$|v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon)|\le\int\limits_{t_0}^{\alpha(t)}|H_0(t,\tau,\varepsilon)||\xi_\delta(\tau,\varepsilon)|d\tau+\int\limits_{t_0}^{\alpha(t)}|H_1(t,\tau,\varepsilon)||\xi_\delta(\tau,\varepsilon)|d\tau+$$

$$+\int\limits_{\alpha(t)}^{t}|H_2(t,\tau,\varepsilon)||\xi_\delta(\tau,\varepsilon)|d\tau+\|U_\delta(t,\varepsilon)\|_C,\ t\in[t_0,T].$$

Мындан лемма 1 жана лемма 2 ни эске алып төмөнкүнү алабыз:

$$|v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon)|\le\int\limits_{t_0}^{t}\frac{L}{m}(2e^{-1}+1)|v(\tau,\varepsilon)-v_\delta(\tau,\varepsilon)|d\tau+\gamma_0\|v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon)\|_C+2(\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta),\ t\in[t_0,T].$$

Бул акыркы барабардыздыкка Гроноулла-Белмандын барабарсыздыгын колдонуп, төмөнкүнү алабыз:

$$\|v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon)\|_C\le\gamma_0 b_0\|v(t,\varepsilon)-v_\delta(t,\varepsilon)\|_C+2b_0(\frac{\delta}{\varepsilon}+\alpha_0\delta),\ t\in[t_0,T].$$

Теорема 1 далилденди.

Теорема 2. Теорема 1 дин шарттары орун алсын. Анда:

1) эгерде (1) теңдеме $u(t)\in C[t_0,T]$ чечимине ээ болсо, анда (3) интегралдык теңдемесинин $v_\delta(t,\varepsilon)$ чыгарылышы $\varepsilon=\sqrt{\delta}\to 0$ умтулганда $C[t_0,T]$ нормасы боюнча $u(t)$ чечимине умтулат жана төмөнкү баалоо

$$\|v_\delta(t,\sqrt{\delta})-u(t)\|_C\le\frac{b_0}{1-b_0\gamma_0}[2\|u(t)\|_C e^{-\frac{m}{\delta^{(1-\beta)/2}}}+w_u(\delta^{\beta/2})+2(\sqrt{\delta}+\alpha_0\delta),\qquad(18)$$

туура болот. Мында $w_u(\delta)=\sup\limits_{|t-s|\le\delta}|u(t)-u(s)|$;

2) эгерде (1) интегралдык теңдеме $u(t)\in C^\gamma[t_0,T]$, $0\le\gamma\le 1$ чечимине ээ болсо, анда (3) интегралдык теңдеменин $v_\delta(t,\sqrt{\delta})$ чыгарылышы $\delta\to 0$ умтулганда $C[t_0,T]$ нормасы боюнча $u(t)$ чечимине умтулат жана төмөнкү баалоо

$$\left\| v_\delta(t,\sqrt{\delta}) - u(t) \right\|_C \le \frac{b_0}{1-b_0\gamma_0}[C_0 C_\gamma \gamma \delta^{\frac{\gamma}{2}} + 2(\sqrt{\delta}+\alpha_0\delta), \qquad (19)$$

туура болот. Мында $C_\gamma = \sup\limits_{t,s\in[t_0,T]} \frac{|u(t)-u(s)|}{|t-s|^\gamma}$, $C_0 = \int\limits_0^\infty e^{-m\tau}\tau^{\gamma-1}d\tau$.

Далилдөө. Бул учурда

$$\left\| v_\delta(t,\sqrt{\delta}) - u(t) \right\|_C \le \left\| v_\delta(t,\sqrt{\delta}) - v(t,\varepsilon) \right\|_C + \left\| v(t,\varepsilon) - u(t) \right\|_C$$

Бул акыркы барабарсыздыкка теорема 1 ди колдонобуз. Анда 1) учурда $\varepsilon = \sqrt{\delta}$ болгондо, (18) барабарсыздыкты алабыз. Ал эми 2) учурда , $\varepsilon = \sqrt{\delta}$ болгондо, (19) барабарсыздыкты алабыз.

Теорема 2 далилденди.

Жыйынтык:

Вольтерранын биринчи типтеги классикалык эмес сызыктуу интегралдык теңдемесин чечүү үчүн регуляризациялоо параметри тандалды.

Адабияттар:

1. М.М. Лаврентьев, об интергалных уравнениях первого рода //докл.АН СССР, 127, №1,31-33 (1959)

2. А.С. Апарцин, Неклассические уравнения Вольтерра первого рода // Теория и численные методы
– Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1999. -193 стр;

3. М.И. Иманалиев, А. Асанов, О решениях систем нелинейных интегральных уравнений Вольтерра
первого рода // доклады АН СССР, 309, №5, 1053-1056, (1975)

4. М.И. Иманалиев, А. Асанов, Регуляризация и единственность решений для интегральных уравнений Вольтерра третьего рода // доклады РАН, 415, №1, 14-17, (2007)

5. Чоюбеков С.М. Регуляризация решения неклассического интегрального уравнения со условиями
Липшица //Международ. научный журнал «Молодой ученый» № 8(112) г.Казань,2016,Стр.-34-38

6. А. Асанов, Чоюбеков С.М. Решение неклассических интегральных уравнений Вольтерра первого
рода с вырожденным нелинейным ядром // Международный научно- исследовательский журнал. 4(70) апрель, г. Екатеринбург 2018, стр. 134-139.

7. Асанов А., Чоюбеков С.М. Выбор параметра регуляризации интегральных уравнений Вольтерра
I рода с переменными пределами интеграла // «Известия ВУЗов Кыгрызстана» № 1, стр.6-10, г. Бишкек 2018._