BAKI UNİVERSİTETİNİN XƏBƏRLƏRİ

№4 *Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası* 2012

УДК 517.977

ТЕОРЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ И ЕДИНСТВЕННОСТИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ГУРСА-ДАРБУ

К.К.ГАСАНОВ, Л.К.ГАСАНОВА
Бакинский Государственный Университет
telman_bsu@box.az

В работе доказана глобальная теорема о существовании и единственности решения системы Гурса-Дарбу типа Каратеодори. Далее изучена устойчивость решений по возмущению управления.

Ключевые слова: задача Гурса-Дарбу, последовательные приближения, неравенство, сходимость, устойчивость.

При решении прикладных задач управляемых объектов с распределёнными параметрами особое место занимают нелинейные системы Гурса-Дарбу [1,2,4-6]. В связи с этим возникает необходимость в дальнейшей разработке теории систем Гурса-Дарбу. При исследовании задачи оптимального управления для объектов с распределенными параметрами, описываемых нелинейными системами Гурса-Дарбу требуется доказательство теоремы существования и единственности решения типа Каратеодори при фиксированном управлении. В некоторых работах при довольно жёстких ограничениях на данные задачи доказаны локальные теоремы о существовании и единственных систем Гурса-Дарбу [3,6,8,9].

1. Теорема существования и единственности

Пусть объект управления в области $D(0<t<T,\ 0<s<S)$ описывается нелинейной гиперболической системой

$$x_{ts} = f(t,s,x,x_t,x_s,u) \tag{1}$$

с условиями

$$\begin{aligned} &x(0,s)=\varphi(s), \quad 0\le s\le S, \\ &x(t,0)=\psi(t), \quad 0\le t\le T, \end{aligned} \tag{2}$$

где x, f, φ, ψ - n-мерные векторы, u - r - мерное управление.

Управление $u(t,s)$ измеримо по Лебегу на прямоугольнике D, со значениями из ограниченного множества U из евклидового пространства R^r.

Решением задачи (1), (2), соответственным управлению $u(t,s)$, называется функция $x(t,s)$, абсолютно-непрерывная на прямоугольнике D [7, с.246], удовлетворяющая уравнению (1) почти всюду на D и условиям (2) в обычном смысле.

Теорема 1. Пусть 1) вектор-функция $f(t,s,x,y,z,u)$ определена в $D\times R^{3n}\times U$ и удовлетворяет условию Каратеодори, т.е. при каждом фиксированном (x,y,z,u) измерима по (t,s) и для почти всех (t,s) непрерывна по (x,y,z,u); 2) функция $f(t,s,x,y,z,u)$ по (x,y,z) удовлетворяет условию Липшица:

$$\begin{aligned}&\left\| f(t,s,x+\Delta x, y+\Delta y, z+\Delta z, u) - f(t,s,x,y,z,u)\right\| \le \\ &\le \ell_1(s)\ell_2(t)\|\Delta x\| + \ell_1(s)\|\Delta y\| + \ell_2(t)\|\Delta z\|,\end{aligned} \tag{3}$$

где неотрицательные функции $\ell_1(s)$ и $\ell_2(t)$ суммируемы по Лебегу на $[0,S]$ и $[0,T]$, соответственно;

3) $f(t,s,0,0,0,u)\in L^n(D)$ для любого $u\in U$;

4) вектор-функции $\varphi(s)$ и $\psi(t)$ абсолютно непрерывны на $[0,S]$ и $[0,T]$, соответственно, и выполняется условие согласования $\varphi(0)=\psi(0)$.

Тогда для любого управления $u(t,x)$ существует единственное абсолютно-непрерывное решение $x(t,s)$ задачи (1), (2) в области D.

Доказательство. Прежде всего, отметим, что для любой абсолютно-непрерывной функции $x(t,s)$ и управления $u(t,x)$ функция $f(t,s,x(t,s),x_t(t,s),$ $x_s(t,s),u(t,s))\in L^n(D)$.

Положим $x_t(t,s)=y(t,s)$, $x_s(t,s)=z(t,s)$. Решение $x(t,s)$ задачи (1),(2), соответствующее управлению $u(t,s)$, приводится к следующей системе трёх интегральных уравнений относительно трёх неизвестных функций $x(t,s)$, $y(t,s)$, $z(t,s)$:

$$\begin{aligned}&x(t,s)=\varphi(s)+\psi(t)-\varphi(0)+\int_0^t\int_0^s f(\tau,\sigma,x(\tau,\sigma),y(\tau,\sigma),z(\tau,\sigma),u(\tau,\sigma))\,d\sigma\, d\tau,\\ &y(t,s)=\psi'(t)+\int_0^s f(t,\sigma,x(t,\sigma),y(t,\sigma),z(t,\sigma),u(t,\sigma))\,d\sigma,\\ &z(t,s)=\varphi'(s)+\int_0^t f(\tau,s,x(\tau,s),y(\tau,s),z(\tau,s),u(\tau,s))\,d\tau\ .\end{aligned} \tag{4}$$

Выберем в качестве нулевых приближений $x_0(t,s)=0$, $y_0(t,s)=0$, $z_0(t,s)=0$, $(t,s)\in D$. Построим последовательные приближения, основанные на рекуррентных формулах

$$\begin{aligned}&x_{n+1}(t,s)=\omega(t,s)+\int_0^t\int_0^s f(\tau,\sigma,x_n(\tau,\sigma),y_n(\tau,\sigma),z_n(\tau,\sigma),u(\tau,\sigma))\,d\sigma\, d\tau,\\ &y_{n+1}(t,s)=\omega_t(t,s)+\int_0^s f(t,\sigma,x_n(t,\sigma),y_n(t,\sigma),z_n(t,\sigma),u(t,\sigma))\,d\sigma,\\ &z_{n+1}(t,s)=\omega_s(t,s)+\int_0^t f(\tau,s,x_n(\tau,s),y_n(\tau,s),z_n(\tau,s),u(\tau,s))\,d\tau\ ,\quad n=0,1,2,...,\end{aligned} \tag{5}$$

где $\omega(t,s)=\varphi(s)+\psi(t)-\varphi(0)$.

Из (5), воспользовавшись условием (3), получим

$$\begin{gathered}
\|x_{n+1}(t,s)-x_n(t,s)\|\le\int\limits_0^t\int\limits_0^s\Big\{\ell_1(\sigma)\ell_2(\tau)\ \|x_n(\tau,\sigma)-x_{n-1}(\tau,\sigma)\|+\\
+\ell_1(\sigma)\|y_{n+1}(\tau,\sigma)-y_n(\tau,\sigma)\|+\ell_2(\tau)\|z_{n+1}(\tau,\sigma)-z_n(\tau,\sigma)\|\ \Big\}d\sigma\, d\tau,\\
\|y_{n+1}(t,s)-y_n(t,s)\|\le\int\limits_0^s\Big\{\ell_1(\sigma)\ell_2(t)\ \|x_n(t,\sigma)-x_{n-1}(t,\sigma)\|+\\
+\ell_1(\sigma)\|y_n(t,\sigma)-y_{n-1}(t,\sigma)\|+\ell_2(t)\|z_n(t,\sigma)-z_{n-1}(t,\sigma)\|\ \Big\}d\sigma,\\
\|z_{n+1}(t,s)-z_n(t,s)\|\le\int\limits_0^t\Big\{\ell_1(s)\ell_2(\tau)\ \|x_n(\tau,s)-x_{n-1}(\tau,s)\|+\\
+\ell_1(s)\|y_n(\tau,s)-y_{n-1}(\tau,s)\|+\ell_2(\tau)\|z_n(\tau,s)-z_{n-1}(\tau,s)\|\ \Big\}d\tau,\ n=1,2,3,\ldots\ .
\end{gathered}\tag{6}$$

Вводя обозначение

$$\begin{gathered}
\delta_{n+1}(t,s)=\ell_1(s)\ell_2(t)\ \|x_{n+1}(t,s)-x_n(t,s)\|+\ell_1(s)\|y_{n+1}(t,s)-y_n(t,s)\|+\\
+\ell_2(t)\|z_{n+1}(t,s)-z_n(t,s)\|,
\end{gathered}\tag{7}$$

из (6) можно получить неравенство

$$\begin{gathered}
\delta_{n+1}(t,s)=\ell_1(s)\ell_2(t)\int\limits_0^t\int\limits_0^s\delta_n(\tau,\sigma)\,d\sigma\,d\tau+\ell_1(s)\int\limits_0^s\delta_n(t,\sigma)\,d\sigma\ +\\
+\ell_2(t)\int\limits_0^t\delta_n(\tau,s)\ d\tau,\ \ (t,s)\in D,\ n=0,1,2,\ldots\ .
\end{gathered}\tag{8}$$

Методом математической индукции докажем справедливость неравенства

$$\delta_{k+1}(t,s)\le L\ell_1(s)\ell_2(t)\frac{(H+2)^k}{k!}(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^k,\ k=0,1,\ldots\ ,\tag{9}$$

где $\gamma_1(s)=\int\limits_0^s\ell_1(\sigma)\ d\sigma,\quad \gamma_2(t)=\int\limits_0^t\ell_2(\tau)\ d\tau,\ \ H=\dfrac{\gamma_1(S)\gamma_2(T)}{\gamma_1(S)+\gamma_2(T)}$,

$$\int\limits_0^t\int\limits_0^s\delta_0(\tau,\sigma)\ d\sigma\,d\tau\le L/3,\quad \int\limits_0^s\delta_0(t,\sigma)\ d\sigma\ \le L/3\ell_2(t),\quad \int\limits_0^t\delta_0(\tau,s)\ d\tau\ \le L/3\ell_1(s),$$

$L=const>0,\ \ (t,s)\in D$.

При $k=0$ справедливость неравенства (9) следует из обозначения (7). Предположим, что неравенство (9) справедливо для $k=n$ и докажем, что оно справедливо и для $k=n+1$. Из (8) имеем

$$\delta_{n+2}(t,s)=\ell_1(s)\ell_2(t)\int\limits_0^t\int\limits_0^s\delta_{n+1}(\tau,\sigma)\,d\sigma\,d\tau+\ell_1(s)\int\limits_0^s\delta_{n+1}(t,\sigma)\,d\sigma\ +$$

$$+\ell_2(t)\int_0^t \delta_{n+1}(\tau,s)\,d\tau \le L\frac{(H+2)^n}{n!}\Bigg\{\ell_1(s)\ell_2(t)\int_0^t\int_0^s \ell_1(\sigma)\ell_2(\tau)\times$$

$$\times(\gamma_1(\sigma)+\gamma_2(\tau))^n\,d\sigma\,d\tau+\ell_1(s)\int_0^s \ell_1(\sigma)\ell_2(t)(\gamma_1(\sigma)+$$

$$+\gamma_2(t))^n\,d\sigma+\ell_2(t)\int_0^t \ell_1(s)\ell_2(\tau)(\gamma_1(s)+\gamma_2(\tau))^n\,d\tau\Bigg\}.$$

Учитывая

$$\int_0^t\int_0^s \ell_1(\sigma)\ell_2(\tau)(\gamma_1(\sigma)+\gamma_2(\tau))^n\,d\sigma\,d\tau=\frac{1}{(n+1)(n+2)}[(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+2}-$$

$$-(\gamma_1(s))^{n+2}-(\gamma_2(t))^{n+2}],$$

$$\int_0^s \ell_1(\sigma)(\gamma_1(\sigma)+\gamma_2(t))^n\,d\sigma=\frac{1}{n+1}[(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+2}-(\gamma_2(t))^{n+1}],$$

$$\int_0^t \ell_2(\tau)(\gamma_1(s)+\gamma_2(\tau))^n\,d\tau=\frac{1}{n+1}[(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+1}-(\gamma_1(s))^{n+1}],$$

имеем

$$\delta_{n+2}(t,s)\le L\frac{(H+2)^n}{(n+1)!}\Bigg\{\frac{1}{n+2}[(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+2}-(\gamma_1(s))^{n+2}-$$

$$-(\gamma_2(t))^{n+2}]+2(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+1}-(\gamma_1(s))^{n+1}-(\gamma_2(t))^{n+1}\Bigg\}.$$

Отсюда, используя неравенства

$$(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+2}\le(\gamma_1(s))^{n+2}+(\gamma_2(t))^{n+2}+(n+2)\gamma_1(s)\gamma_2(t)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n,$$

$$\gamma_1(s)\gamma_2(t)\le H(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))$$

при $(t,x)\in D$, получим

$$\delta_{n+2}(t,s)\le L\frac{(H+2)^{n+1}}{(n+1)!}\ell_1(s)\ell_2(t)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^{n+1},\quad (t,x)\in D.$$

Таким образом, доказана справедливость неравенства (9).

Из неравенства (9) следует, что

$$\|x_{n+1}(t,s)-x_n(t,s)\|\le L\frac{(H+2)^n}{n!}(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n,$$

$$\|y_{n+1}(t,s)-y_n(t,s)\|\le L\frac{(H+2)^n}{n!}\ell_2(t)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n, \tag{10}$$

$$\|z_{n+1}(t,s)-z_n(t,s)\|\le L\frac{(H+2)^n}{n!}\ell_1(s)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n,$$

$(t,s)\in D,\ n=0,1,2,...$.

По признаку Даламбера ряд с общим членом

$$v_n = L\frac{(H+2)^n}{n!}(\gamma_1(S)+\gamma_2(T))^n$$

сходится. Поэтому из неравенства (10) имеем, что 1) последовательность $\{x_n(t,s)\}$ равномерно сходится на $\overline{D}$ к некоторой непрерывной функции $x(t,s)$; 2) последовательность $\{y_n(t,s)\}$ равномерно сходится по $s\in[0,S]$, почти всюду на $[0,T]$ к некоторой функции $y(t,s)$; 3) последовательность $\{z_n(t,s)\}$ равномерно сходится по $t\in[0,T]$, почти всюду на $[0,S]$ к некоторой функции $z(t,s)$. Покажем, что функция $(x(t,s),y(t,s),z(t,s))$ является решением интегральной системы (4). В силу неравенства (3), имеем

$$\left\|\int_0^t\int_0^s f(\tau,\sigma,x_n(\tau,\sigma),y_n(\tau,\sigma),z_n(\tau,\sigma),u(\tau,\sigma))\,d\sigma\,d\tau -\right.$$

$$\left.-\int_0^t\int_0^s f(\tau,\sigma,x(\tau,\sigma),y(\tau,\sigma),z(\tau,\sigma),u(\tau,\sigma))\,d\sigma\,d\tau\right\| \le$$

$$\le \int_0^t\int_0^s \{\ell_1(\sigma)\ell_2(\tau)\|x_n(\tau,\sigma)-x(\tau,\sigma)\| + \ell_1(\sigma)\|y_n(\tau,\sigma)-y(\tau,\sigma)\| +$$

$$+\ell_2(\tau)\|z_n(\tau,\sigma)-z(\tau,\sigma)\|\}d\sigma\,d\tau .$$

Используя это неравенство, из (5) можно получить, что функция $(x(t,s),$ $y(t,s),z(t,s))$ есть решение интегральной системы (4).

Тогда из интегральных тождеств следует, что $y(t,s)=x_t(t,s),\ z(t,s)=x_s(t,s),$ $(t,s)\in D$. Кроме того, функция $x(t,s)$ является абсолютно-непрерывной.

Докажем, что найденное решение единственно. Пусть $(\tilde{x}(t,s),\tilde{y}(t,s),\tilde{z}(t,s))$ какое-нибудь решение системы интегральных уравнений (4). Вычитая из рекуррентных формул (5) интегральные тождества (4), в которые вместо $(x(t,s),y(t,s),z(t,s))$ подставлены, соответственно, $(\tilde{x}(t,s),\tilde{y}(t,s),\tilde{z}(t,s))$, переходя слева и справа к норме и воспользовавшись условием (3) можно написать

$$\begin{aligned}
&\|x_{n+1}(t,s)-\tilde{x}(t,s)\| \le \int_0^t\int_0^s \{\ell_1(\sigma)\ell_2(\tau)\|x_n(\tau,\sigma)-\tilde{x}(\tau,\sigma)\| +\\
&+\ell_1(\sigma)\|y_n(\tau,\sigma)-\tilde{y}(\tau,\sigma)\| + \ell_2(\tau)\|z_n(\tau,\sigma)-\tilde{z}(\tau,\sigma)\|\}d\sigma\,d\tau ,\\
&\|y_{n+1}(t,s)-\tilde{y}(t,s)\| \le \int_0^s \{\ell_1(\sigma)\ell_2(t)\|x_n(t,\sigma)-\tilde{x}(t,\sigma)\| +\\
&+\ell_1(\sigma)\|y_n(t,\sigma)-\tilde{y}(t,\sigma)\| + \ell_2(t)\|z_n(t,\sigma)-\tilde{z}(t,\sigma)\|\}d\sigma ,\\
&\|z_{n+1}(t,s)-\tilde{z}(t,s)\| \le \int_0^t \{\ell_1(s)\ell_2(\tau)\|x_n(\tau,s)-\tilde{x}(\tau,s)\| +\\
&+\ell_1(s)\|y_n(\tau,s)-\tilde{y}(\tau,s)\| + \ell_2(\tau)\|z_n(\tau,s)-\tilde{z}(\tau,s)\|\}d\tau .
\end{aligned} \tag{11}$$

Отсюда, если положить

$$r_n(t,s) = \ell_1(s)\ell_2(t)\|x_n(t,s) - \tilde{x}(t,s)\| + \ell_1(s)\|y_n(t,s) - \tilde{y}(t,s)\| + \\ + \ell_2(t)\|z_n(t,s) - \tilde{z}(t,s)\|, \tag{12}$$

аналогично вышеуказанному методу, получим неравенство

$$r_{n+1}(t,s) \le \ell_1(s)\ell_2(t)\int_0^t\int_0^s r_n(\tau,\sigma)d\sigma\, d\tau + \ell_1(s)\int_0^s r_n(t,\sigma)d\sigma + \\ + \ell_2(t)\int_0^s r_n(\tau,s)\,d\tau. \tag{13}$$

Отметим, что это неравенство имеет точно такой же вид, что и неравенство (8). Поэтому аналогично тому, как было получено неравенство (9), имеем

$$r_n(t,s) \le L_1\frac{(H+2)^n}{n!}\ell_1(s)\ell_2(t)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n,\ n = 0,1,2,\dots,\ L_1 = const > 0\,. \tag{14}$$

Отсюда следует, что

$$\|x_{n+1}(t,s) - \tilde{x}(t,s)\| \le L_1\frac{(H+2)^n}{n!}(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n,$$

$$\|y_{n+1}(t,s) - \tilde{y}(t,s)\| \le L_1\frac{(H+2)^n}{n!}\ell_2(t)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n, \tag{15}$$

$$\|z_{n+1}(t,s) - \tilde{z}(t,s)\| \le L_1\frac{(H+2)^n}{n!}\ell_1(s)(\gamma_1(s)+\gamma_2(t))^n.$$

Так как ряд с общим членом

$$v_n = \frac{(H+2)^n}{n!}(\gamma_1(S)+\gamma_2(T))^n$$

является сходящим, то необходимо v_n при $n \to \infty$ стремится к нулю. Поэтому из (15) следует, что функции $(\tilde{x}(t,s), \tilde{y}(t,s), \tilde{z}(t,s))$ являются пределами последовательностей $\{x_n(t,s), y_n(t,s), z_n(t,s)\}$. Поэтому функции $(\tilde{x}(t,s), \tilde{y}(t,s),\ \tilde{z}(t,s))$ должны совпадать с пределами последовательности $\{x_n(t,s), y_n(t,s),\ \ z_n(t,s)\}$ при $n \to \infty$, ранее обозначенными через $(x(t,s), y(t,s), z(t,s))$. Теорема доказана.

2. Устойчивость решений задачи по возмущению управления

Для простоты рассмотрим случай, когда правая часть системы (1) не зависит от x_t, x_s. Пусть $u(t,x)$ и $u(t,s)+\Delta u(t,s)$ два управления, $x(t,s)$ и $x(t,s)+\Delta x(t,s)$ соответствующие им абсолютно непрерывные решения задачи (1), (2). Тогда в силу условия (3) теоремы (1) можно написать

$$\| f(t,s,x(t,s)+\Delta x(t,s), u(t,s)+\Delta u(t,s)) - f(t,s,x(t,s),u(t,s))\| \le \\ \le \ell_1(s)\ell_2(t)\|\Delta x(t,s)\| + \|\Delta_u \tilde{f}(t,s)\|, \tag{16}$$

где

$$\Delta_u \tilde{f}(t,s) = f(t,s,x(t,s),u(t,s)+\Delta u(t,s)) - f(t,s,x(t,s),u(t,s))\,. \tag{17}$$

Решение задачи (1),(2) будем называть устойчивым по возмущению управления, если выполняется оценка

$$\|\Delta x(t,s)\| \le K \iint\limits_D \|\Delta_u \tilde{f}(\tau,\sigma)\| d\sigma\, d\tau, \; K = const > 0 . \tag{18}$$

Теорема 2. Существует независящая от управления положительная постоянная K такая, что для $\Delta x(t,s)$ справедлива оценка (18), т.е. задача устойчива по возмущению управления.

Доказательство. Обозначим

$$Q(t,s) = \int_0^t \int_0^s \|\Delta_u \tilde{f}(\tau,\sigma)\| d\sigma\, d\tau . \tag{19}$$

Тогда, используя неравенство (16) из задачи (1), (2), получим

$$\|\Delta x(t,s)\| \le \int_0^t \int_0^s \ell_1(\sigma)\ell_2(\tau)\|\Delta x(\tau,\sigma)\| d\sigma\, d\tau + Q(t,s) . \tag{20}$$

Отметим, что функция $Q(t,s)$ не убывают по каждому из своих аргументов. Методом последовательных подстановок из неравенства (20) имеем

$$\|\Delta x(t,s)\| \le K(t,s) Q(t,s) , \; (t,s) \in D , \tag{21}$$

где

$$K(t,s) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\gamma_1(s)\gamma_2(t))^k}{(k!)^2} , \; (t,s) \in D . \tag{22}$$

Так как правая часть равенства (22) равномерно сходится на $\overline{D}$, то сумма ряда $K(t,s)$ ограничена и не зависит от управления. Теорема доказана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981, 400 с.
2. Гасанов К.К., Юсубов Ш.Ш. О существовании оптимального управления в системах Гурса-Дарбу // Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений с частными производными, Баку, 1987, с.37-43.
3. Гриоголия М.П. Об одном обобщении характеристической задачи для гиперболических систем // Дифференциальные уравнения, т. XXI, №4, 1985, с.678-686.
4. Егоров А.И. Необходимые условия оптимальности для систем с распределёнными параметрами // Математический сборник, 69 (111), №3, 1966, с.371-421
5. Мансимов К.Б., Марданов М.Дж. Качественная теория оптимального управления системами Гурса-Дарбу. Баку: Элм, 2010, 356 с.
6. Плотников В.И., Сумин В.И. Проблемы устойчивости нелинейных систем Гурса-Дарбу // Дифференциальные уравнения, т.VIII, №5, 1972, с.845-856.
7. Смирнов В.И. Курс высшей математики. т.V. М.: Наука, 1959, 652 с.
8. Трикоми Ф. Лекции по уравнениям в частных производных. М.: Наука, 1957, 444 с.
9. Suryanaryana M.B. A Sobolev space and Darboux problem // Pacific Journal of mathematics, v.69, № 2, 1977, p.535-550.

QEYRİ-XƏTTİ QURSA-DARBU SİSTEMİ ÜÇÜN VARLIQ VƏ YEGANƏLİK TEOREMİ

K.Q.HƏSƏNOV , L.K.HƏSƏNOVA

XÜLASƏ

İşdə qeyri-xətti Qursa-Darbu sisteminin Karateodori mənada qlobal həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teorem isbat olunur. $f(t,s,x,y,z,u)$ vektor funksiyası y,z dəyişənlərindən asılı olmayan halda həllin idarəedicinin artımına nəzərən dayanaqlı olması öyrənilir.

Açar sözlər: Qursa-Darbu məsələsi, ardıcıl yaxınlaşmalar, bərabərsizliklər, yığılma, dayanıqlıq.

THE THEOREM OF EXISTENCE AND UNIQUENESS FOR NONLINEAR GOURSAT-DARBOUX SYSTEM

K.G.HASANOV, L.K.HASANOVA

SUMMARY

In the work the global theorem of existence and uniqueness of Caratheodory type for nonlinear Goursat-Darboux system is proved. Besides, stability of the solution is studied in connection with the growth of control function.

Key words: solutions of Goursat-Darboux, consecutive approach, inequality, convergence, stability.

AMS Subject classification: 49j20, 35K05, 49K40, 90c25.

Принято в редакцию: 31.10.2012 г.
Подписано к печати: 12.12.2012 г.