



ISSN 1609-1817

М. ТЫНЫШБАЕВ атындағы
ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Казахской академии транспорта
и коммуникаций имени
М. Тынышпаева

The BULLETIN

of Kazakh Academy of Transport
and Communications named
after M. Tynyshpayev



№ 1 (108) - 2019

Редакция алқасы

Б.Е. Аркенов (т.ғ.к.) –
бас редакторы
К.Б. Жакупов (т.ғ.к.) –
бас редактордың
орынбасары
А.К. Ибраимов
(т.ғ.к., доцент)
Г.С. Мусаева (т.ғ.д.,
проф.)
В.Г. Солоненко
(т.ғ.д., проф.)
М.С. Кульгильдинов
(т.ғ.д., проф.)
С.Е. Бекжанова
(т.ғ.д., проф.)
М.С. Изтелеуова
(т.ғ.д., проф.)
Т.К. Койшиев (т.ғ.д.,
проф.)
А.К. Калтаев (э.ғ.к.,
доцент)
О.И. Чуркина (ф.-
м.ғ.к., доцент)
А. Айтбайқызы -
техникалық редактор

**Редакция мекен-
жайы:**

Қазақстан
Республикасы,
050012, Алматы қ.,
Шевченко көшесі, 97.

Тел./факс: +7 (727)
292-49-14, 292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Сайт: www.kazatk.kz

Жекеменшік –
«М. Тынышбаев
атындағы Қазақ көлік
және
коммуникациялар
академиясы» АҚ

Көліктік-логистикалық процесстерін бақылауда цифрлық технологияларды енгізу А.Н.Немасипова, Л.М. Гасратова, Д.И. Медеубаева.....	112-123
Компанияның бәсекеге қабілеттілігін арттырудың негізі ретінде клиенттермен өзара қарым-қатынасты басқару А.Ж.Абжапбарова, Р.Д.Мусалиева.....	123-129
Мұнайлы су қоспасын өңдеудің геоэкологиялық технологиялары және оны тазалау құрылғысы параметрлерін оптимизациялау Б.Б. Оразбаев, С.А. Сантеева, А. Абилкасимова.....	130-138
Теміржол көлігінің техникалық құрылымдарының басқару үрдісінің автоматтандыруын талдау М.Ж. Спабекова, Д.М. Ескендинова, А.Ж. Сағындықова.....	138-143
Темір жол автоматика және телемеханика жүйелерінің жұмыс тиімділігін талдау әдістері А.Ж. Сағындықова, Н.А. Кулумбетова.....	144-152
Темір жол автоматика және телемеханика жүйелерінде DAS технологиясын қолданумен енгізудің артықшылықтары С.Ш. Сарбаев, М.Б. Орунбеков, М.С. Рамиева.....	152-160
Ұшу аппаратының жерге қону үрдісін автоматты басқару жүйесінің робастты орнықтылығын зерттеу Г.А. Ускенбаева, А.К. Шукирова, А.С. Айнагулова.....	160-166
Уақыт кешігуі бар анықталмаған сызықтық емес жүйелердің шығыс шамасын күй кері байланысы арқылы бақылау К. Алимхан, Н. Тасболатұлы.....	166-174
Ұялы құрылғылардың датчиктерінен деректерді жинау және өңдеу Б.Н. Сейтқали.....	174-177
Үлгіге сәйкес тізім бойынша тұлғаларды сәйкестендіру әдісін құру А.Б.Олжабаева, А.Т.Ахмедиярова, Д.Т.Касымова.....	177-185
Объектілерді тану әдістерін салыстырмалы талдау Б.С. Байкенов, Р.С. Тинчеров, А.Р. Фазылова.....	185-191
Қазақстан Республикасындағы теміржол телеграфын модернизациялау Б.Е. Мамилов, Б.Е. Толымбекова, М.С. Абиева.....	192-196
Желілік графиктердегі ресурстарды оңтайлы бөлудің сызықтық есептері А.А.Ташев, Ж.С.Исмагулова.....	196-204
Ауа бассейніне мониторинг жүргізетін гаж-де колданылатын модельдер мен әдістердің салыстырмалы сараптамасы А.Т. Бисаринова.....	204-211
М2М желілерін және оның интернетінің құрылысы М.А. Липская, А.Д. Рысбаев.....	211-217
Оптикалық талшыққа механикалық әсер ету негізінде дисперсия А. К. Оразымбетова, Н. А. Оспанова, Б.Е. Толымбекова.....	217-223
Әр түрлі сәулененуді енгізу кезіндегі оптикалық талшықтарға температураның әсерінің сипаттамалары А.К. Оразымбетова, Н.А. Оспанова, А.К. Мекебаева.....	223-229
Локомотивтерден сымсыз екі жақты ақпаратты тарату арналарын ұйыдастыру әдістері Е.А. Бахтиярова, Б.Е. Анықбаев, Н.Ш. Кусамбаева.....	229-235

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817
Vol. 108, No.1 (2019), pp.167-174

OUTPUT TRACKING VIA STATE FEEDBACK FOR UNCERTAIN NONLINEAR SYSTEMS WITH TIME-DELAY

Alimhan Keylan, PhD, Prof., Department of mathematical and computer modeling, Faculty of mechanics and mathematics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; Researcher, School of Science and Engineering, Tokyo Denki University, Tokyo, Japan, 20787@ms.dendai.ac.jp

Tasbolatuly Nurbolat, PhD Doctoral Student, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, tasbolatuly@gmail.com

Abstract. Global practical output tracking problem of nonlinear systems is one of the high priority and challenging problems in the field of nonlinear control and has received a great deal of attention. This work addresses the problem of global practical output tracking for a class of high-order time-delay uncertain nonlinear systems via state feedback. Based on the homogeneous domination technique, under mild conditions on the system nonlinearities including time delay, we construct a homogeneous state feedback controller with an adjustable scaling gain.

Recently, by employ using the Lyapunov-Krasovskii method to deal with the time-delay, control theory, and techniques for stabilization problem of time-delay nonlinear systems were greatly developed and advanced methods have been made. In comparison with study the stabilization problem contains time-delay, the theory of output tracking control developed slower. Some interesting results have been obtained in the case when the nonlinearities contain time-delay, for the output tracking problems. To the extent of our knowledge, due to no unified method being applicable to nonlinear control design, many interesting and important output tracking control problems for time delay inherently nonlinear systems have been unsolved yet. Through the use of a homogeneous Lyapunov-Krasovskii functional, the scaling gain is adjusted to dominate the time-delay nonlinearities bounded by homogeneous growth conditions and make the tracking error arbitrarily small while all the states of the closed-loop system remain to be bounded.

As the final result, a simulation example made in MATLAB has been given to illustrate the effectiveness of the tracking controller. The simulation results made by MATLAB show the effectiveness of the proposed method.

Keywords: output tracking, time-delay nonlinear systems, state feedback, Lyapunov-Krasovskii functional, homogeneous domination method.

ӘОЖ 004.942

К. Алимхан¹, Н. Тасболатұлы²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

УАҚЫТ КЕШІГҮІ БАР АНЫҚТАЛМАҒАН СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ШЫҒЫС ШАМАСЫН КҮЙ КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ АРҚЫЛЫ БАҚЫЛАУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста күйі бойынша кері байланыс арқылы уақыт кешігуі бар жоғары ретті анықталмаған сызықтық емес жүйелердің шығысын глобалды практикалық бақылау мәселесі қарастырылды. Біртекті үстемдік әдісі негізінде, уақыт кешігуі бар жүйе сызықсыздығына қатаң емес шарт жағдайында күйі бойынша кері байланыс біртекті контроллерін жобалаймыз. Бұл біртекті контроллер реттелетін масштабтау коэффициентіне ие. Біртекті Ляпунов-Красовский функционалының көмегімен масштабтау коэффициенті бірқалыпты өсу шарттарымен шектелген уақыт кешігуі бар сызықтық еместіктен үстемдік ету үшін реттеледі. Масштабтау коэффициентін қалауымызша реттеу арқылы бақылау қателігін аз, ал тұйық жүйенің барлық күйін

шектеулі болып қалатындай етуге болады. Соңында, бақылау контроллерінің тиімділігін көрсететін үлгілеу мысалы келтірілді.

Түйінді сөздер: шығыс шамасын бақылау, уақыт кешігуі бар сызықтық емес жүйелер, күй кері байланысы, Ляпунов-Красовский функционалы, біртекті үстемдік әдісі.

Кіріспе. Бұл жұмыста келесі түрдегі жоғары ретті анықталмаған сызықтық емес жүйелердің шығысын кең ауқымды практикалық бақылау мәселесі қарастырылады:

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) &= x_{i+1}^{p_i}(t) + \varphi_i(t, x(t), x(t-d), u(t)), \\ & i = 1, \dots, n-1, \\ \dot{x}_n(t) &= u + \varphi_n(t, x(t), x(t-d), u(t)), \\ y(t) &= x_1(t), \end{aligned} \quad (1)$$

мұндағы $x(t) := (x_1(t), \dots, x_n(t))^T \in R^n$, $u \in R$, және $y(t) \in R$ - жүйенің күйі, басқарудың кіріс және шығыс шамалары сәйкесінше. Тұрақты сандар $d \geq 0$ күйлердің уақыт кешігуі және мұндағы $x(\theta) = \varphi_0(\theta)$, $\theta \in [-d, 0]$ жүйенің алғашқы шарты. Мұндағы $\varphi_i(\cdot)$ белгісіз үздіксіз функциялар болып табылады, $p_i \in R_{odd}^{\geq 1} := \{p/q \in [0, \infty) : p \text{ және } q \text{ бүтін сандар, } p \geq q\}$, $(i = 1, \dots, n-1)$ жүйенің жоғары реттілігін көрсетеді. Біздің мақсатымыз жүйелерде d уақыт кешігуі болған жағдайда да шекті уақыттан соң барлық күйлер шектелген аймақта болатындай және жүйенің шығыс шамасы $y(t)$ -ді көзделген тірек сигналдың ізіне түсіретін басқаруды табу болып табылады.

Сызықтық емес жүйелердің шығыс шамасын кең ауқымды практикалық бақылау мәселесі көптеген ғылыми еңбектерде [1-6] зерттелініп, нәтижелер алынууда. Атап айтқанда, кең ауқымды практикалық бақылау мәселесі интегратор дәрежесін қосу әдісі [3,4] арқылы және әмбебап басқару идеясы [1,2] көмегімен сызықтық емес жүйелер үшін күй кері байланысы арқылы шешілді. Сонымен қатар, шығыс кері байланыс компенсаторы көмегімен анықталмаған сызықтық емес жүйелерді күшті практикалық бақылауды шешу бойынша еңбектер [5,6] жарияланды.

Алайда, жоғарыда аталған нәтижелерде уақыт кешігуінен болатын әсер қарастырылмаған. Кеңістіктегі жүйелер үшін уақыт кешігуі дегеніміз сигналдардың түпкі жылдамдықта таралуымен және қашықтықты еңсеру үшін уақыт қажет екендігімен анықталады. Мысалы, уақыт кешігуі құбылыстары электр жүйелерінде, микротолқынды осциллятордың жұмысында, гидротехникалық жүйелерде және т.б. сол сияқты көптеген практикалық жүйелерде кездеседі және бұл уақыт кешігуі құбылысы жүйенің жұмысына айтарлықтай әсер етеді. Сол себепті, уақыт кешігуі бар сызықтық емес жүйелерді тұрақтандыру мәселесі және олардың шығыс шамасын бақылау мәселелері практикалық маңызға ие және соңғы жылдары бұл мәселеге үлкен көңіл бөлінуде.

Соңғы уақытта Ляпунов-Красовский функционалын қолдану нәтижесінде уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелерді тұрақтандыру проблемалары және уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелердегі ізіне түсу мәселелері бойынша айтарлықтай жетілдірілген және озық әдістер құрылды [7-9]. Қаралып отырған жүйе табиғатынан уақыты кешіккен сызықтық емес болып табылғанда, мәселені шешу күрделі әрі қиын. Осы проблемаларды зерттей келе бізге мәлім болғаны уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелер үшін шығыс шамасын бақылау мәселесінің көптеген қызықты есептері әлі шешімін таппаған. Осы жұмыста біз күй кері байланысы үстемдік ететін әдіс [10-11] арқылы ізіне түсу мәселелерін қарастыратын боламыз.

Математикалық алғышарттар.

Бұл жұмыста келесі біртекті функция анықтамасын және бірнеше пайдалы леммаларды қолданамыз.

Анықтама [12]. $x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n$ координаттар жиыны және n -өлшемді $r = (r_1, \dots, r_n)$ оң нақты сандары үшін біз келесі анықтамаларды енгіземіз:

(i) $\Delta_s(x)$ түрлендіруі $\Delta_s^r(x) = (s^{r_1}x_1, \dots, s^{r_n}x_n)$, $\forall x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n$, $\forall s > 0$ арқылы анықталған салыстыру болып табылады, мұндағы r_i координат салмақтары деп аталады. Нұсқаудың қарапайымдылығы үшін мұндай түрлендіру салмағын $\Delta = (r_1, \dots, r_n)$ арқылы белгілейміз.

(ii) $V \in C(R^n, R)$ функциясы τ дәрежесі бойынша біртекті деп аталады, егер мұндағы, $\tau \in R$ нақты саны келесі түрде болса $V(\Delta_s^r(x)) = s^\tau V(x_1, \dots, x_n)$, $\forall x \in R^n - \{0\}$.

(iii) $f \in C(R^n, R^n)$ векторлық өрісі τ дәрежесі бойынша біртекті деп аталады, егер f_i компоненті әрбір i үшін $\tau + r_i$ дәрежесі бойынша біртекті $f_i(\Delta_s^r(x)) = s^{\tau+r_i} f_i(x_1, \dots, x_n)$, $\forall x \in R^n$, $\forall s > 0$, $i = 1, \dots, n$.

(iv) Біртекті p -норма $\|x\|_{\Delta, p} = \left(\sum_{i=1}^n |x_i|^{\frac{p}{r_i}} \right)^{\frac{1}{p}}$, $\forall x \in R^n$, $p \geq 1$

түрінде анықталады. Қарапайым түрде $\|x\|_{\Delta}$ үшін келесіше $\|x\|_{\Delta, 2}$ жазамыз.

Әрі қарай, біз басқарудың соңғы нұсқасында жиі қолданылатын және маңызды рөл атқаратын бірнеше техникалық леммаларды ұсынамыз.

Лемма 1 [12]. $\Delta = (r_1, \dots, r_n)$ -ны түрлендіру салмағы деп белгілейік, сонымен бірге $V_1(x)$ және $V_2(x)$ дәрежелері сәйкесінше τ_1 және τ_2 тең біртекті функциялар болсын. Онда, $V_1(x)V_2(x)$ де Δ түрлендіруіне қатысты дәрежесі $\tau_1 + \tau_2$ тең біртекті функция болып табылады.

Лемма 2 [12]. $V : R^n \rightarrow R$ дәрежесі τ болатын Δ түрлендіру салмағына

қатысты біртекті функция болсын. Онда келесі (i) және (ii) орындалады:

(i) Сондай ақ $\partial V / \partial x_i$ дәрежесі $\tau - r_i$ бойынша біртекті, мұндағы r_i шамасы x_i -дің біртекті салмағы.

(ii) Мұндағы $\sigma > 0$ тұрақтысы сондай ол $V(x) \leq \sigma \|x\|_{\Delta}^\tau$ қанағаттандырады. Сонымен қатар, егер $V(x)$ оң анықталса, онда $\rho > 0$ тұрақтысы бар және ол келесі түрде $\rho \|x\|_{\Delta}^\tau \leq V(x)$.

Лемма 3 [10]. Барлық $x, y \in R$ және тұрақты $p \geq 1$ үшін келесі теңсіздіктер орындалады:

$$(i) \quad |x+y|^p \leq 2^{p-1} |x^p + y^p|, \\ (|x|+|y|)^{\frac{1}{p}} \leq |x|^{\frac{1}{p}} + |y|^{\frac{1}{p}} \leq 2^{\frac{p-1}{p}} (|x|+|y|)^{\frac{1}{p}}$$

Егер $p \in R_{odd}^{\geq 1}$, онда

$$(ii) \quad |x-y|^p \leq 2^{p-1} |x^p - y^p| \quad \text{және} \\ \left| x^{\frac{1}{p}} - y^{\frac{1}{p}} \right| \leq 2^{\frac{p-1}{p}} |x-y|^{\frac{1}{p}}.$$

Лемма 4 [11]. a, b оң тұрақты сандар болсын. Онда, кез келген нақты функция $\gamma(x, y) > 0$ үшін келесі теңсіздік орындалады:

$$|x|^a |y|^b \leq \frac{a}{a+b} \gamma(x, y) |x|^{a+b} + \frac{b}{a+b} \gamma^{-\frac{a}{b}}(x, y) |y|^{a+b}$$

Күй кері байланысы арқылы кең ауқымды практикалық бақылау.(1) түрдегі жүйені қарастырамыз және $y_r(t)$ тірек сигналы уақыт бойынша өзгеретін C^1 -функциясы $[0, \infty)$ аралығында шектелген функция. Кез келген берілген $\varepsilon > 0$ үшін күйі бойынша кері байланыс контроллер жобасын келесі түрде аламыз:

$$u(t) = g(x(t), y_r(t)), \quad (2)$$

мұнда

(i) Тұйықталған (1) жүйенің барлық күйі (2) түрдегі контроллер күйімен жақсы анықталған және $[0, \infty)$ аралығында глобалды шектелген.

(ii) Кез келген бастапқы жағдай үшін $T > 0$ соңғы уақыт бар, бұл

$$|y(t) - y_r(t)| < \varepsilon, \quad \forall t \geq T > 0 \quad (3)$$

Шығыс шамасын кең ауқымды практикалық бақылау мәселесін шешу үшін біз келесі екі болжам жасаймыз:

Болжам 1. Мұндағы тұрақтылар C_1, C_2 және $\tau \geq 0$

$$|\varphi_i(t, x(t), \bar{x}(t-d), u(t))| \leq C_1 \left(|x_1(t)|^{\frac{r_i+\tau}{r_1}} + \dots + |x_i(t)|^{\frac{r_i+\tau}{r_i}} + |x_1(t-d)|^{\frac{r_i+\tau}{r_1}} + \dots + |x_i(t-d)|^{\frac{r_i+\tau}{r_i}} \right) + C_2 \quad (4)$$

мұндағы,

$$r_1 = 1, \quad r_{i+1} p_i = r_i + \tau > 0, \quad i = 1, \dots, n \quad \text{және} \quad p_n = 1.$$

Болжам 2. $y_r(t)$ тірек сигналы үздіксіз дифференциалданады. Сонымен бірге, белгілі $D > 0$ тұрақтысы сондай, ол келесіні қанағаттандырады:

$$|y_r(t)| + |\dot{y}_r(t)| \leq D, \quad \forall t \in [0, \infty) \quad (5)$$

Күй кері байланысы арқылы ізіне түсу бақылауын жобалау.

Бұл жұмыста біз Болжам 1-2 арқылы (1) түрдегі уақыт кешігуі бар жоғары ретті сызықтық емес жүйелер үшін уақытқа тәуелсіз күй кері байланысы арқылы шығыс шамасын бақылау мәселесін қарастырамыз. Ол үшін алдымен келесі координата түрлендіруін енгіземіз:

$$z_1 := x_1 - y_r, \quad z_i := \frac{x_i}{L^{\kappa_i}}, \quad i = 2, \dots, n, \quad v := \frac{u}{L^{\kappa_n+1}} \quad (6)$$

мұндағы $\kappa_1 = 0, \kappa_i = (\kappa_{i-1} + 1)/p_{i-1}, i = 2, \dots, n$ және $L \geq 1$ масштабтау коэффициенті болып табылады және есептеу барысында анықталатын болады.

Олай болса (1) жүйені z_i жаңа координатасында келесі түрде сипаттауға болады:

$$\begin{aligned} \dot{z}_i &= L z_{i+1}^{p_i} + \psi_i(t, z(t), z(t-d), v), \quad i = 1, \dots, n-1, \\ \dot{z}_n &= L v + \psi_n(t, z(t), z(t-d), v), \\ y &= z_1 + y_r \end{aligned} \quad (7)$$

мұндағы

$$\begin{aligned} \psi_1(t, z(t), z(t-d), v) &= \varphi_1(t, z(t), z(t-d), v) - \dot{y}_r, \\ \psi_i(t, z(t), z(t-d), v) &= \varphi_i(t, z(t), z(t-d), v) / L^{\kappa_i}, \quad i = 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (8)$$

Әрі қарай Болжам 1 және Лемма 3 пайдаланып, $L \geq 1, y_r$ және \dot{y}_r шектеулілігі Болжам 2 бойынша кепілдендірілгенін көреміз, C_1, C_2, τ, κ_i

және L тұрақтыларынан тәуелді $\bar{C}_i, i = 1, 2$ тұрақтысының бар болуын қамтамасыз етеді, осыдан келіп (4) келесі түрде сипатталады

$$\begin{aligned} |\psi_1(t, z(t), z(t-d), v)| &\leq \bar{C}_1 \left(|z_1(t)|^{(r_1+\tau)/r_1} + |z_1(t-d)|^{(r_1+\tau)/r_1} \right) + \bar{C}_2 \\ |\psi_i(t, z(t), z(t-d), v)| &\leq \bar{C}_1 L^{1-\nu_i} \sum_{j=1}^i \left(|z_j(t)|^{(r_i+\tau)/r_j} + |z_j(t-d)|^{(r_i+\tau)/r_j} \right) + \frac{\bar{C}_2}{L^{\kappa_i}}, \quad i = 2, \dots, n \end{aligned} \quad (9)$$

мұндағы $\bar{C}_1 > 0, \bar{C}_2 > 0$ және $\nu_i := \min\{1 - \kappa_j(r_i + \tau)/r_j + \kappa_i, 2 \leq j \leq i, 1 \leq i \leq n\} > 0$ қайсыбір тұрақтылар.

Әрі қарай, (7) жүйе үшін күйі бойынша кері байланыс контроллер жобалауда біртекті үстемдік әдісін қолданамыз.

Мысал. Келесі түрдегі сызықтық емес жүйені қарастырайық:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2^{5/3}(t) + x_1^{1/3}(t-d) \\ \dot{x}_2(t) &= x_3^{5/3}(t) + 2x_2(t) \\ \dot{x}_3(t) &= u(t) + x_3^{1/3}(t) \\ y(t) &= x_1(t) \end{aligned} \quad (10)$$

мұндағы $p_1 = 5/3, p_2 = 5/3, p_3 = 1$ және d -уақыт кешігуі. Біздің міндетіміз - (10) жүйенің шығысын керекті тірек сигналының ізіне түсіретін және жүйенің барлық күйі глобалды шектелгендей етіп, күй кері байланысы арқылы практикалық шығыс қадағалаушы контроллерін жобалау. $\tau = 2/3$ және $r_1 = 1$ деп аламыз, онда $r_2 = r_3 = 1$ және $r_4 = 5/3$. Әрі қарай, тірек сигналын $y_r = \sin(t/3) + \sin t$ түрде аламыз. Онда, Лемма 4 пайдаланып, келесіні аламыз

$$|\varphi_1(\cdot)| = |z_1(t-d)|^{1/3} \leq 2^{4/3} |z_1(t-d)|^{1/3} \leq \frac{1}{5} |z_1(t-d)|^{5/3} + \frac{4}{5} 2^{5/3}$$

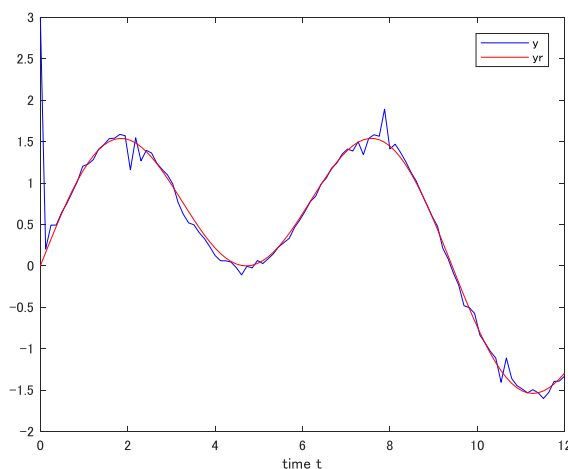
$$|\varphi_2(\cdot)| = |2z_2| \leq (2^{3/2})^{2/3} |z_2| \leq \frac{3}{5} |z_2|^{5/3} + \frac{2}{5} 2^{5/2}, |\varphi_3(\cdot)| = |z_3|^{1/3} \leq 2^{4/3} |z_3|^{1/3} \leq \frac{1}{5} |z_3|^{5/3} + \frac{4}{5} 2^{5/3}$$

және $|y_r| = |\sin(t/3) + \sin t| \leq 2, |\dot{y}_r| = \left| \frac{1}{3} \cos(t/3) + \cos t \right| \leq \frac{4}{3}$.

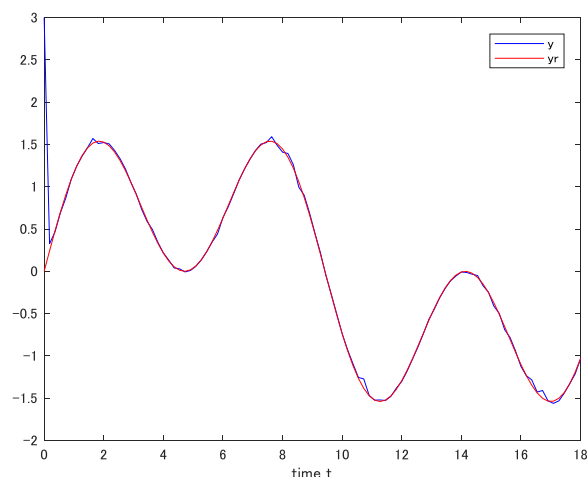
$C_1 \geq 3/5, C_2 \geq 16/5$ және $D \geq 4$ мәндері Болжам 1-2-ні қанағаттандыратындығын көреміз. Және күй кері байланысын бақылау контроллерін келесі түрде аламыз:

Алғашқы мәндер $z_1(\theta) = 3, z_2(\theta) = -5, z_3(\theta) = -2, \theta \in [0, d]$, мұндағы уақыт кешігуі $d = 1$ және тірек сигнал $y_r = \sin(t/3) + \sin t$.

$$u = -2L^{49/25} \left(L^{24/25} x_3 + 2 \left(L^{3/5} x_2 + 2(x_1 - y_r) \right) \right)^{5/3}$$



1 - сурет. $L = 100$ мәні үшін $x_1(t)$ және $y_r(t)$ траекториялары
Fig. 1. The trajectories of $x_1(t)$ and $y_r(t)$ for $L = 100$



2-сурет $L = 700$ мәні үшін $x_1(t)$ және $y_r(t)$ траекториялары

Fig. 2. The trajectories of $x_1(t)$ and $y_r(t)$ for $L = 700$

Қорытынды. Біз бұл жұмыста біртекті өсім шарт жағдайындағы анықталмаған уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелердің шығыс шамасын практикалық бақылау мәселесін шешуді зерттедік. Біріншіден, біз біртекті күйі бойынша кері байланыс контроллер жобасын реттеуге болатын масштабтау коэффициенттерімен құрастырдық. Содан

кейін біртекті Ляпунов-Красовский функционалының көмегімен масштабтау коэффициентін реттеу үшін біртекті үстемдік әдісін қайта құрдық. Кіріс шамаларын дұрыс таңдау арқылы шекті уақыт бірлігінде анықталмаған сызықтық емес жүйелердің класын кең ауқымды бақылау мүмкін екендігін көрсеттік.

REFERENCES

- [1] Qian, C., Lin, W. Practical output tracking of nonlinear systems with uncontrollable unstable linearization // IEEE Trans. Autom. Control, 2002. – N. 47 (1). – P. 21–36.
- [2] Lin, W., Pongvuthithum, R. Adaptive output tracking of inherently nonlinear systems with nonlinear parameterization // IEEE Trans. Autom. Control, 2003. – N. 48 (10). – P. 1737–1749.
- [3] Lin, W., Qian, C. Adding one power integrator: a tool for global stabilization of high-order lower-triangular systems // Syst. Control Lett. 2000. – N. 39 (5). – P. 339–351.
- [4] Lin, W., Qian, C. Adaptive regulation of high-order lower triangular systems: an adding a power integrator technique // Syst. Control Lett. 2000. – N. 39(5). – P. 353–364.
- [5] Alimhan, K., Inaba, H. Practical output tracking by smooth output compensator for uncertain nonlinear systems with unstabilisable and undetectable linearization // Int. J. of Modelling, Identification and Control, 2008. – N. 5. – P. 1-13.
- [6] Alimhan, K., Inaba, H. Robust practical output tracking by output compensator for a class of uncertain inherently nonlinear systems // Int. J. of Modelling, Identification and Control, 2008. – N. 4. – P. 304-314.
- [7] Sun, Z. Y., Liu, Y. G., Xie, X. J. Global stabilization for a class of high-order time-delay nonlinear systems // Int. J. of Innovative Computing, Information and Control, 2011. – N. 7. – P. 7119-7130.
- [8] Chai, L. Global output control for a class of inherently higher-order nonlinear time-delay systems based on homogeneous domination approach // Discrete Dynamics in Nature and Society, 2013. – Article ID 180717. – P. 6.
- [9] Zhang, X., Lin, W., Lin, Y. Non smooth feedback control of time-delay nonlinear systems: a dynamic gain based approach // IEEE Trans. on Automatic Control, 2017. – N. 62. – P. 438-444.
- [10] Polendo, J., Qian, C. A universal method for robust stabilization of nonlinear systems: unification and extension of smooth and non-smooth approaches // Proc. of the American Control Conference, 2006. – P. 4285-4290.

[11] Polendo, J., Qian, C. A generalized homogeneous domination approach for global stabilization of inherently nonlinear systems via output feedback // *Int. J. of Robust and Nonlinear Control*, 2007. – Vol. 7, N. 7. – P. 605–629.

[12] Rosier, L. Homogeneous Lyapunov function for homogeneous continuous vector // *Systems & Control Letters*, 1992. – N. 19. – P. 467–473.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Цянь, С., Лин, В. Практическое отслеживание выхода нелинейных систем с неконтролируемой неустойчивой линеаризацией // *IEEE Труды по автоматическому управлению*, 2002. – N. 47 (1). – С. 21–36.

[2] Лин, В., Понгвутитум, Р. Адаптивное отслеживание выхода нелинейных систем с нелинейной параметризацией // *IEEE Труды по автоматическому управлению*, 2003. – N. 48 (10). – С. 1737–1749.

[3] Лин, В., Цянь, С. Добавление одного интегратора мощности: инструмент глобальной стабилизации низко-треугольных систем высокого порядка // *Системы и контроль писем*, 2000. – N. 39 (5). – С. 339–351.

[4] Лин, В., Цянь, С. Адаптивное регулирование нижнетреугольных систем высокого порядка: метод добавления интегратора мощности // *Системы и контроль писем* 2000. – N. 39 (5). – С. 353–364.

[5] Алимхан, К., Инаба, Х. Практическое отслеживание выхода с помощью плавного выходного компенсатора для неопределенных нелинейных систем с нестабильной и необнаружимой линеаризацией // *Международный журнал идентификации и управления моделированием*, 2008. – N. 5. – С. 1-13.

[6] Алимхан, К., Инаба, Х. Робастное практическое отслеживание выхода с помощью компенсатора выхода для класса неопределенных по своей природе нелинейных систем // *Международный журнал идентификации и управления моделированием*, 2008. – N. 4. – С. 304-314.

[7] Сан, З. Ю., Лиу, Ю. Г., Хие, Х. Ж. Глобальная стабилизация для класса нелинейных систем с запаздыванием высокого порядка // *Международный журнал инновационной вычислительной информации и управления*, 2011. – N. 7. – С. 7119-7130.

[8] Цай, Л. Глобальное управление выходом для класса нелинейных систем с задержкой времени высшего порядка, основанных на подходе однородного доминирования // *Дискретная динамика в природе и обществе*, 2013. – Статья ID 180717. – С. 6.

[9] Жанг, Х., Лин, В., Лин, Ю. Негладкий контроль обратной связи нелинейных систем с временной задержкой: подход, основанный на динамическом усилении // *IEEE Труды по автоматическому управлению*, 2017. – N. 62. – С. 438-444.

[10] Полендо, Ж., Цянь, С. Универсальный метод робастной стабилизации нелинейных систем: унификация и расширение гладких и негладких подходов // *Материалы американской контрольной конференции*, 2006. – С. 4285-4290.

[11] Полендо, Ж., Цянь, С. Обобщенный подход гомогенного доминирования для глобальной стабилизации нелинейных систем по своей природе с помощью обратной связи по выходу // *Международный журнал робастного и нелинейного управления*, 2007. – N. 7. – С. 605–629.

[12] Росиер, Л. Однородная функция Ляпунова для однородного непрерывного вектора // *Системы и контроль писем*, 1992. – N. 19. – С. 467–473.

УАҚЫТ КЕШІГҮІ БАР АНЫҚТАЛМАҒАН СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ШЫҒЫС ШАМАСЫН КҮЙ КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ АРҚЫЛЫ БАҚЫЛАУ

Алимхан Кейлан, PhD, проф., Математикалық және компьютерлік модельдеу кафедрасы, Механика-математика факультеті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, 20787@ms.dendai.ac.jp

Тасболатұлы Нұрболат, PhD докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, tasbolatuly@gmail.com

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ВЫХОДА ЧЕРЕЗ ОБРАТНУЮ СВЯЗЬ ПО СОСТОЯНИЮ ДЛЯ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ЗАДЕРЖКОЙ ВРЕМЕНИ

Алимхан Кейлан, PhD, проф., кафедра математического и компьютерного моделирования, механико-математический факультет, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан, 20787@ms.dendai.ac.jp

Тасболатұлы Нұрболат, PhD докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, tasbolatuly@gmail.com

Аннотация. В этой работе рассматривается проблема глобального практического отслеживания выходных данных для класса нелинейных систем высокого порядка с временной задержкой посредством обратной связи состояния. На основе метода однородного доминирования в мягких условиях на нелинейности системы с задержкой времени мы строим однородный

контроллер обратной связи состояния. Этот однородный контроллер имеет настраиваемый коэффициент масштабирования. С помощью однородного функционала Ляпунова-Красовского коэффициент усиления масштабирования регулируется так, чтобы доминировать нелинейности с временной задержкой, ограниченной однородными условиями роста. Корректировка коэффициента масштабирования в соответствии с нашими предпочтениями может сделать ошибку управления как можно меньше, когда все ваши замкнутые системы ограничены. Наконец, приведен пример моделирования, иллюстрирующий эффективность контроллера отслеживания.

Ключевые слова: отслеживание выхода, нелинейные системы с задержкой времени, обратная связь по состоянию, функционал Ляпунова-Красовского, метод однородного доминирования.

Статья поступила в редакцию 21.01.19. Актуализирована 31.01.19. Принята к публикации 11.02.19.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817
Vol. 108, No.1 (2019), pp.174-177

COLLECTION AND EDITING OF DATA FROM MOBILE SENSORS

Seitkali Bekzhan Nurlanuly, master student, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, c. Almaty, Kazakhstan, email: sbeka1996@gmail.com

Abstract. The ability to use mobile sensors in everyday life and their ability to extract relevant data using cloud technologies. The article also discusses the benefits of the Internet of things comparing with the usual Internet. Also considered the possibility of sensors based on the Internet of things, obtaining important information and forecasting the future with the help of this information. The characteristic of providing organizations and storing information collected from sensors is given. Considered the possibility of storing the collected information in the cloud technology. The Internet of Things (IoT) is the concept of a computing network of physical objects (“things”) equipped with embedded technologies for interaction with each other or with the external environment, regarding the organization of such networks as a phenomenon that can restructure economic and social processes excluding from the part of actions and operations the need for human participation. Often the Internet of Things (IoT) is associated only with household things and household use. For example, an “intelligent” refrigerator that can order food on its own, or apartment communications management, accessible from anywhere in the world. But in fact, the idea and all the power of a new technology direction is the application of the Internet of Things in the industrial production sector and business. To get the maximum benefit from using the Internet of Things in business, it is possible only if there is the highest level of data analysis that a new class of intelligent software can provide. The Internet of Things is capable of transforming various automation complexes.

Keywords: sensors, mobile devices, cloud technologies, Internet of Things, IoT.

ӘОЖ 004.3

Б.Н. Сейтқали

Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты ҚР БҒМ ҒК

ҰЯЛЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ДАТЧИКТЕРІНЕН ДЕРЕКТЕРДІ ЖИНАУ ЖӘНЕ ӨНДЕУ

Аңдатпа. Адамның күнделікті өміріндегі мобильді құрылғы сенсорларын пайдалану және оларды бұлттық технологияларды қолдану арқылы тиісті деректерді алу мүмкіндіктері қарастырылады. Мақалада заттардың интернеті қарапайым құрылғыға қосылған интернеттен гөрі, заттардың интернетінің артықшылықтары қарастырылған. Интернеті бар датчиктері арқылы өте маңызды ақпараттарға қол жеткізетініз және сол ақпараттар арқылы болашаққа болжам жасау туралы айтылған. Датчиктерден жиналған