

XAOS NƏZƏRİYYƏSİ ƏSASINDA QEYRİ-REQULYAR HƏRƏKƏTLİ OBYEKTlər ÜÇÜN İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ SİNTEZİ

CƏFƏROV SAYƏDDİN MƏŞƏDİ oğlu
ƏLİYEV ADİLƏ SAYƏDDİN qızı
NAMAZOV ELDAR QILMAN oğlu

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, 1 – t.e.d., professor, 2 - magistrant

AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutu, 3 - dissertant.

jafarovsm@gmail.com

Açar sözlər: qeyri-requlyar hərəkətli dinamik obyekt, xaosik ədədlər generatoru, tənzimləyicinin sintezi sistemi

Giriş. Müasir dövrdə texniki obyektlərin idarə olunması üçün kifayət qədər üsul və vasitələr mövcuddur. [1-9] Avtomatik idarəetmə nəzəriyyəsi bir neçə istiqamətdə inkişaf etmişdir: xətti modellərlə yazılan stasionar və qeyri-stasionar sistemlərin sintezi və təhlili üsulları [1,2,8]; qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən obyektlərin “Soft Computing”-in paradigmaları əsasında idarə edilməsi [1,3,4,7]; qeyri-xətti və qeyri-səlis riyazi modellərlə yazılan obyektlərin idarəetmə sistemlərinin sintezi üsulları [1,9,10] verilmişdir.

Elmi ədəbiyyatın [1-10] təhlili göstərir ki, müasir dövrdə bir çox qeyri-müəyyənlikli hərəkətə malik dinamik obyektlərdə- sistemlərdə effektiv idarəetmə xaos nəzəriyyəsi əsasında icrası daha aktualdır. Məhz bu qeyd olunanları nəzərə alaraq, aşağıda xaos elementləri əsasında qeyri-xətti və qeyri-müəyyənlikli dinamik obyektlər üçün tənzimləyicinin sintezi sisteminin arxitekturası və texniki realizasiyasının vasitələri təklif olunmuşdur.

1. Sistemin layihələndirilməsi məsələsinin qoyuluşu və həlli. Fərz edək ki, qeyri-requlyar hərəkətli dinamik obyekt mövcuddur və o vəziyyətlər fəzasında aşağıda göstərilmiş tənliklərlə ifadə olunur:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A(x)x(t) + Bu(t) \\ y(t) &= C^T x(t), \quad C^T = [1, 0 \dots 0]\end{aligned}\tag{1a}$$

burada $A(x)$ – $n \times n$ ölçülü əmsallar matrisidir, B – $1 \times n$ ölçülü sütun matrisidir, $x(t)$ – n ölçülü vəziyyətlər vektorudur, $y(t)$ – $l \times 1$ ölçülü obyektin çıxış vektorudur; $u(t)$ – $l \geq 1$ ölçülü idarəedici təsir vektorudur, C^T – n ölçülü sətir əmsalları matrisidir.

Bu tip qeyri-xətti dinamik obyektlərin idarə edilməsi üçün tənzimləyicinin sintezinin tezlik üsulları ilə həlli mövcuddur. [1,8,11] Qaydaya görə bu üsullarda avtomatik idarəetmə sistemi (AİS) iki hissənin xətti və qeyri-xətti hissənin ardıcıl birləşdirilməsi şəklində təsvir edilir. Daha sonra qeyri-xətti element harmonik xəttiləşdirmə üsulu ilə xəttiləşdirilir. Bu çevirmələrdən sonra AİS-in dayanıqlığının təhlili və sintezi məsələsi həll olunur. Ancaq bu cür yanaşmada qeyri-xətti AİS-lər təqribi modellərlə yazılır ki, bu da real idarəetmə sisteminin səmərəliliyini aşağı salır.

Qeyri-xətti obyektlər üçün tənzimləyicinin sintezini xətti matris bərabərsizlikləri ($LMİ$) və Lyapunov metodunun tətbiqi ilə həyata keçirmək olar. [8,9,11] Qeyd edək ki, qeyri-xətti dinamik obyektlər üçün idarəetmənin – tənzimləyicinin sintezi üsulu qeyri-requlyar sistemin dayanıqlı hərəkətinin olmaması hesabına kifayət qədər təqribi və mürəkkəbdir. Göstərilmiş idarəetmənin sintezi üsulu qeyri-xətti dinamik (həmçinin xətti) obyektlər üçün tənzimləyicinin sintezi sisteminin layihələndirilməsi üçün kifayət qədər mürəkkəbdir.

Yuxarıda göstərilən çatışmazlıqları prosedurların mürəkkibliyini (və həllərin təqribiliyini) nəzərə alaraq, aşağıda xaoslu proseslərin xüsusiyyətlərindən istifadə əsasında tənzimləyicinin sintezinin avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemi təklif edilmişdir və onun ümumi funksional sxemi verilmişdir.

Tənzimləyicinin sintezi məsələsini formalizə etməzdən əvvəl, (1a) qeyri-xətti dinamik obyektin modelini *TS* (Tagaki-Sugeno) tipli qeyri-səlis model formasında təsvir edirik [1,11]

Qi: ƏGƏR $x_1 X_1^i$ -dirsə ***VƏ*** $x_2 X_2^i$ -dirsə ***VƏ***, ..., $x_j X_j^i$ -dursə, ***ONDA*** obyektin hərəkəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\dot{x}(t) = A_i x(t) + B_i u(t), \quad i = \overline{1, q} \quad (1b)$$

Beləliklə, dinamik obyektin (1 b) *TS* qeyri-səlis modeli aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=1}^q \mu_i(x) (A_i x(t) + B_i u(t)). \quad (2)$$

Sonuncu ifadə (1a) qeyri-xətti obyektin hərəkətini kifayət qədər dəqiqliklə təsvir edir.

(2) ifadəsində $\mu_i(x)$ mənsubiyyət funksiyası [1] əsasında aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\mu_i(x) = \omega_i(x) / \sum_{i=1}^q \omega_i(x), \quad \omega_i(x) = \prod_{j=1}^n \Gamma_j^i.$$

Burada, Γ_j^i – X_j^i mənsubiyyət funksiyasına əsaslanan obyektin (sistemin) *j*-cu vəziyyətlər dəyişənin qeyri-səlis term-çoxluğudur, *i* – linqivistik qaydanın nömrəsidir.

Beləliklə, (1a) və ya (1b) qeyri-xətti (o cümlədən xətti) dinamik obyektlər üçün tənzimləyicinin sintez məsələsini aşağıdakı kimi formalizə etmək olar.

Standart (və ya qeyri-standart) *P*, *PI*, *PID* tənzimləmə qanunlarına görə, məsələn

$$u(t) = k_p x(t) + k_I \int_t^T x(t) d(t) + k_D \dot{x}(t) \quad (3)$$

idarəetmə qanununda *k*-nın ($k = (k_p, k_I, k_D)$ parametrlərinin) elə qiymətlərinin tapılması tələb olunur ki, sistem başlanğıc x_{t_0} vəziyyətindən x_T vəziyyətinə keçidi zamanı tələb olunan keyfiyyət meyarlarını, məsələn, integral kvadratik xətanın minimumluğu,

$$J[k, x] = \int_0^{TH} x^2(t) + \tau (\dot{x}(t))^2 d(t) \rightarrow \min, \quad (4)$$

və həmçinin (1)-(3) idarəetmə sisteminin requlyar dayanıqlığı təmin edilsin.

Fərz edək ki, bu cür sazlanma parametrləri $[0, k]$ (yəni $[0, k_p]$, $[0, k_I]$, $[0, k_D]$) intervalında mövcuddur. Bu zaman sintez məsələsini elə həll etmək lazımdır ki, digər obyektlər üçün bu prosedurlar identik olsunlar.

Yuxarıda qoyulmuş sintez məsələsinin həlli xaos nəzəriyyəsinin elementlərindən istifadə etməklə yerinə yetirilir. Bu məsələnin həlli üçün tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sistemi təklif edilmişdir. Təklif edilmiş sistemin ümumi funksional sxemi şəkil 1-də təsvir edilmişdir. Məsələnin həlli aşağıdakı mərhələlərə uyğun aparılır.

Birinci mərhələdə (1) və (3) qapalı AİS-nin kompüter simulyasiyası üçün onun riyazi modeli yaradılır. Bunun üçün tənzimləyici ilə birlikdə obyektin diskret rekkurent modeli tərtib olunur. Bu zaman t_h müşahidə müddəti, həmçinin başlanğıc və son vəziyyətlər keçid prosesinin müddətinə uyğun təşkil olunur.

İkinci mərhələdə xüsusi konstruksiya edilmiş- seçilmiş xaoslu ədədlər generatoru üçün $k_p \in [0, k_p]$, $k_I \in [0, k_I]$, $k_D \in [0, k_D]$ verilmiş intervallardan k_{pm} ($m = 1, 2, 3, \dots, M$) sazlama parametrləri xaoslu şəkildə dəyişdirilir.

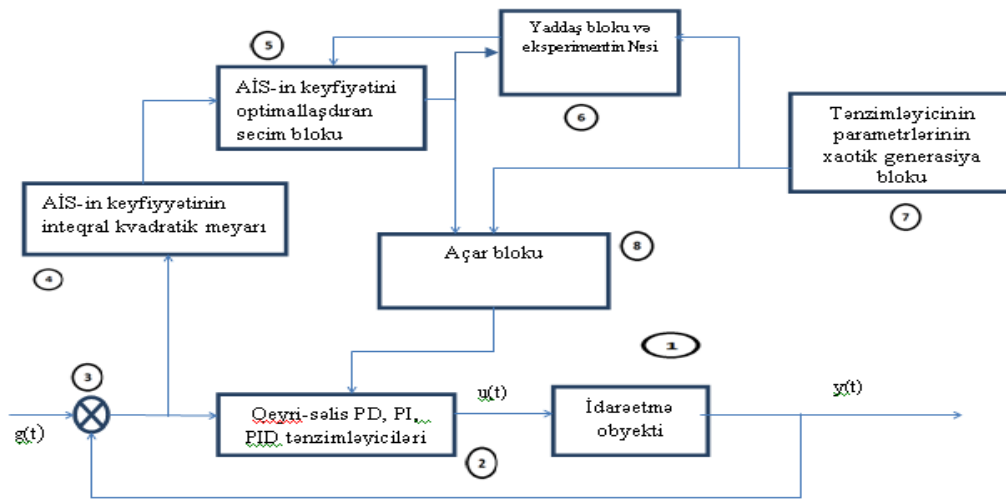
Generasiya nömrəsi və $k_{pm} = (k_{p_m}, k_{I_m}, k_{D_m})$; $k_{pm-1} = (k_{p_{m-1}}, k_{I_{m-1}}, k_{D_{m-1}})$ tənzimləyicinin sazlama parametrlərinin son iki qiyməti qeyd olunur. Bu qiymətlər tənzimləyicinin sazlanmış parametrlərinə mənimsədir.

Üçüncü mərhələdə AİS-in modellədirilməsi və t_h intervalında (4) ifadəsinə uyğun J_m integral kvadratik meyarının qiyməti hesablanır. J_m -in qiyməti J_{m-1} ilə müqayisə olunur və minimumu (optimalı) təyin edilir:

$$\min\{J_m, J_{m-1}\} = J^{opt} \quad (5)$$

Daha sonra J_{m-1} -ə J_{opt} - mənimsədilir, yəni $J_{m-1} = J_{opt}$ və eksperimentin nömrəsi qeyd olunur. Yəni, $k_p^{opt} = k_{pj}$, $j \in [1, m]$ tənzimləyicinin generasiya olunmuş sazlanma parametrlərindən ən “yaxşısı” (keyfiyyət meyarının (5) minimumu) seçilərək – optimal hesab olunur. Beləliklə, tənzimləyicinin sintez məsələsinin həll olunması başa çatmış olur. Qeyd edək ki, sintez üçün verilmiş bu alqoritm böyük sayda eksperimentlərin keçirilməsinə imkan verir. Optimallaşdırma zamanı bu eksperimentlərdən ancaq ən “yaxşı” ikisini yadda saxlamaq vacibdir.

Təklif olunmuş tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sisteminin əsas funksional bloklarının fəaliyyətini aşağıdakı kimi vermək olar (şəkil 1).



Şəkil 1. Xaos əsasında AİS-in – tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sisteminin funksional sxemi

Şəkil 1-də (1) bloku (1a) və ya (1b) riyazi model formasında verilmiş dinamik idarəetmə obyektini təyin edir. (2) blokunda P , yaxud PI , yaxud PD , və ya PID idarəetmə qanunlarından biri seçilərək, qeyri-səlis TS modelinə uyğun tənzimləyicinin realizasiyası həyata keçirilmişdir. k_{pm} ($m=1,2,...,M$) tənzimləyicinin əmsallarının qiymətləri (8) dəyişdirici açar blokunun köməyiylə təyin olunur. (8) blokuna (7) blokundan (tənzimləyicinin əmsallarının xaosik qiymətləri generatorundan) sazlanma parametrlərinin qiymətləri daxil olur. Generatorların sayı tənzimləyicinin sazlanma parametrləri vektorunun ölçüsünə (sayına) uyğun təyin olunur. Məsələn, PID idarəetmə qanunun istifadəsi zamanı üç generator yaradılır: k_P , k_I və k_D . Xaosik ədədlər ardıcılığının generasiyası (hasil olunması) üçün ($m=1,2,...,N$) müxtəlif başlanğıc şərtləri olan, yəni k_{Po} , k_{Io} , k_{Do} loqastik inikas funksiyasından istifadə olunur:

$$\begin{aligned} k_{pm+1} &= \lambda_p k_{pm} (k_{pN} - k_{pm}) / k_{pN} \\ k_{Im+1} &= \lambda_I k_{Im} (k_{IN} - k_{Im}) / k_{IN} \\ k_{Dm+1} &= \lambda_D k_{Dm} (k_{DN} - k_{Dm}) / k_{DN} \end{aligned} \quad (6)$$

λ_P , λ_I , λ_D – parametrləri elə seçilir ki, k_P , k_I və k_D sazlanma əmsalları xaosik proses olsun. Eksperimental olaraq $\lambda_P=3.75$, $\lambda_I=3.81$, $\lambda_D=3.78$ müəyyənləşdirilmişdir.

Keçid proseslərinin keyfiyyət göstəricisi (4) blokunun köməyiylə, məsələn, integral kvadratik meyarı, həmçinin AİS-in digər keyfiyyət göstəriciləri, burada qiymətləndirilir. Bu qiymətləndirmə, məsələn, J_m qiymətləndirilməsi (5) optimizasiya blokuna ötürülür. Keçid proseslərinin keyfiyyətinin yəni, J^{opt} ən “yaxşı” optimal qiymətinin təyini (1) ifadəsinə uyğun həyata keçirilir və eksperimentin nömrəsi, həmçinin tənzimləyicinin sazlanma parametrlərinin qiymətləri yadda saxlanılaraq ən

“yaxşı” eksperiment müəyyən olunur(k_p^{opt} , k_I^{opt} , k_D^{opt} , $m=m^*$). J^{opt} optimal qiymətinin təyini, eksperimentin nömrəsi və k_p^{opt} əmsallarının- parametrlərinin qiyməti (6) yaddaş blokunda saxlanılır.

Qlobal optimumun təyini üçün generatorların diskret addımının qiymətini təyin etmək də bir o qədər vacibdir. (8) açar bloku eksperimental rejimdən real rejimə keçərək AİS-in – tənzimləyicinin parametrlərini sazlamasını icra edir, yəni qiymətini mənimsədir. Bu rejimdə AİS-in səmərəliliyinin təhlilini də həyata keçirmək mümkündür.

2. TASS-in texniki realizasiyası və kompüter modelləşdirilməsi. Müasir avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri (ALS) müəyyən təyin olunmuş struktura və tərkibə malik olur. İstənilən ALS hesablama texnikasının texniki, riyazi və proqram təminatını, həmçinin layihə prosedurlarını yerinə yetirən ədədi metodlar da daxil olmaqla özündə birləşdirir.

Layihələndirmə obyekti kimi avtomatik idarəetmə sisteminin vasitələri və onları xarakterizə edən funksional modellər-modullar götürülə bilər. Ənənəvi riyazi təsvir, dayanıqlığın analizi üsulları, xətti və qeyri-xətti sistemlərin keyfiyyəti və dəqiqliyi, tənzimləyicinin layihələndirilməsi, sintezi və s. proseslər avtomatlaşdırılmış idarəetmənin keyfiyyətini təmin edən məsələlərdir.

İstənilən ALS informasiyanın verilməsi üçün interaktiv rejim və vizual layihə vasitələrindən istifadəni həmişə nəzərdə tutur. Buna görə də Matlab, onun tərkibinə daxil olan Fuzzy Logic Toolbox, Simulink paketi müxtəlif əlavələr üçün dinamik sistemlərin vizual modelləşdirilməsinin əsasını təşkil etmişdir.

Layihələndirmənin (sintez və təhlil) ənənəvi metodlarının formalizəsi və ALS-də imitasiya modelləşdirilməsinin yerinə yetirilməsi idarəedici qurğuların riyazi modellərinin tətbiqi olmadan mümkün deyil.

İdarəedici qurğuların texniki realizasiyası üçün iki yanaşma mövcuddur: bunlardan biri avtomatikanın element bazası əsasında texniki realizasiyadır, digəri- ikincisi isə müəyyən bir alqoritmik dildə tutulmuş proqram vasitəsilə texniki realizasiyasıdır. İkinci yanaşma hazırda daha çox tətbiq olunur ki, bu da müasir kompüterlərin inkişafı nəticəsində proqramlaşdırma imkanlarının yüksək və universal olmalarıdır.

Məlumdur ki, sintez edilmiş AİS-in və onun texniki realizasiyasının effektivliyinə, yəni dayanıqlığına, tələb olunan keyfiyyət göstəricilərinin ödənilməsinə əmin olmaq üçün layihələndirilmiş idarəetmə sisteminin kompüter modelləşdirilməsi aparılmalıdır. Tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sisteminin proqram vasitələri 5 formadan ibarətdir: - baza forma; - qrafik forma; - optimallaşdırma bloklu forması; - təsadüfi generatorlar forması; - “help” bloku.

Baza forması yarımavtomatik rejimdən avtomatik rejimə keçid düyməsi, yeni eksperimentə keçid düyməsi, eksperimentlərin parametrlərin qiymətinin təyini və çıxarışı üçün pəncərədən ibarətdir. Aparılmış eksperimentin nəticələrinin və parametrlərinin qiymətini ekrana çıxaran pəncərəyə aşağıdakı düymələr daxildir: a) aparılmış eksperimentlər üçün bütün verilənlərin yoxlanması; b) proqramın hesablama blokunun işə buraxılması; c) hesablamanın rədd edilməsi; d) daxil edilmiş ilkin qiymətlərin yüklənməsi; e) yeni eksperimentin başlanğıcı; f) qrafikli pəncərələrin açılması; g) xaoslu ədədlər generatoru pəncərəsinin açılışı; h) qrafikə cari eksperimentin əyrisinin daxil edilməsi; i) hesablamanın rədd edilməsi; j) bütün verilənlərin yüklənməsi; k) help düyməsi.

Qrafiki forma 4 pəncərədən ibarətdir: a) tapşırıq; b) tənzimlənən kəmiyyət (keçid prosesləri); c) yaddaşa daxil edilən verilənlərin cari forması; d) qrafikdə əks etdirmək üçün eksperimentlərin nömrəsi və iki düymə: e) qrafikin təmizlənməsi və eksperimentin nömrəsinə görə axtarışın təşkili.

Optimizasiya blokunun tərkibinə aşağıdakı pəncərələr daxildir: a) müqayisə blokunda saxlanmış eksperimental verilənlər üçün pəncərə; b) minimum inteqral kvadratik xəta ilə eksperimenti əks etdirən pəncərə və düymələr: - müqayisə blokunun işə buraxılması; - sağda yerləşən formaların təmizlənməsi; - aparılmış eksperimentlər haqqında saxlanmış bütün verilənlərin optimallaşdırma blokunun yaddaşından təmizlənməsi.

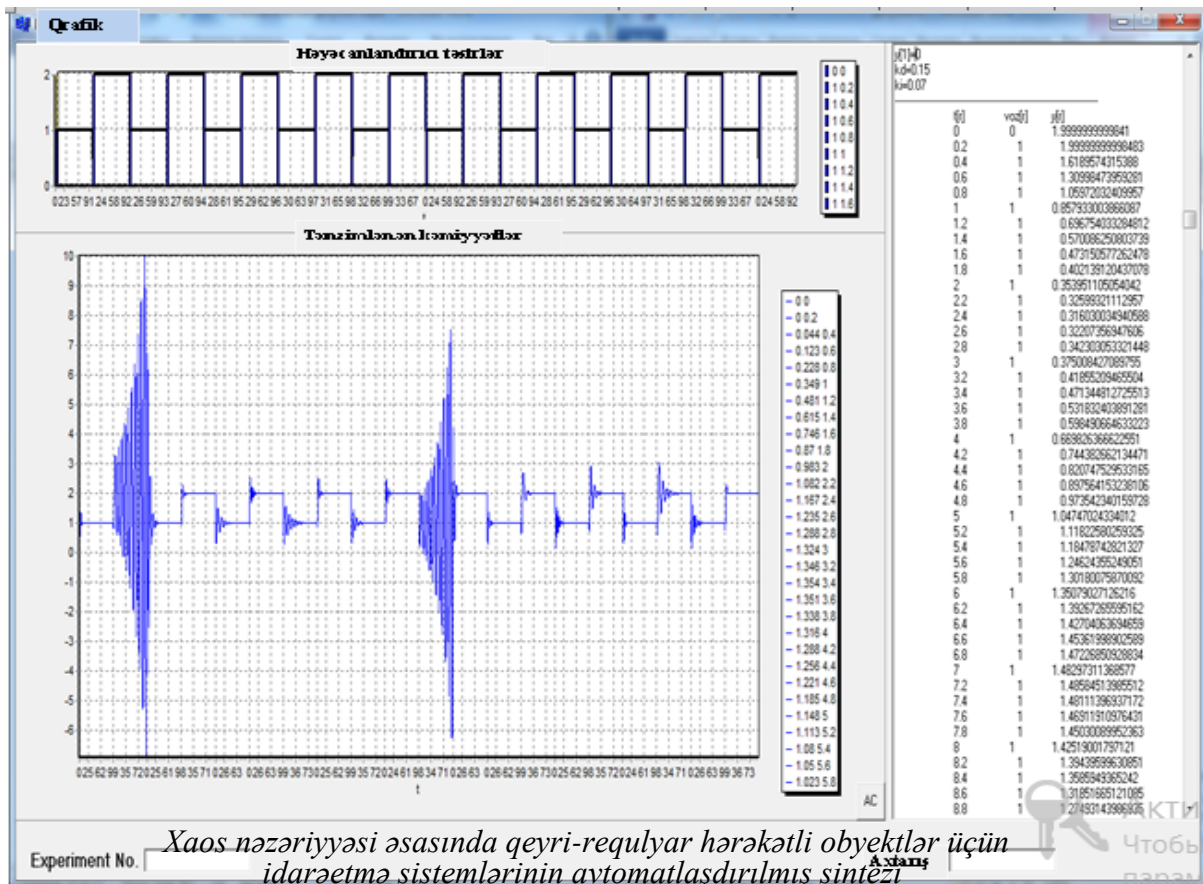
Xaotik ədədlər generatoru formasına aşağıdakı pəncərələr daxildir: a) başlanğıc xaotik ədədlərin generatora daxil edilməsi; b) tənzimləyicinin əmsallarının – xaotik ədədlər ardıcılığının əks etdirilməsi; c) tənzimləyicinin əmsallarının – xaotik ədədlər ardıcılığının zamandan asılılığını əks etdirən qrafik; d) yerinə yetirilən eksperimentlərin sayı və düymələr: - sağda yerləşən pəncərələrin silinməsi; - xaotik ədədlərin doldurulması pəncərəsi; - generatorun işə buraxılması.

Help bloku informasiyanın giriş-çıxışını həyata keçirir. Məsələn, yerinə yetirilən eksperimentin zaman intervalı, tənzimləyicinin əmsallarının diskretləşdirmə müddəti, tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sisteminin ayrı-ayrı bölmələrinin sxemi və s. Fərz edək ki, mövcud qeyri-xətti qeyri-requlyar dinamik obyektin hərəkət tənliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -a_{22}x_2 - a_{21}(1 + dx_2)x_1 + b_{22}u(t) \\ y &= x_1\end{aligned}\quad (7)$$

Burada $a_{21} = 0.20$, $a_{22} = 0.4$, $d = 0.1$, $b_{22} = 6$.

(7) dinamik obyekt üçün tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sisteminin layihələndirilməsini nəzərdən keçirək. Burada tənzimləyici kimi *PİD* idarəetmə qanunu götürülmüşdür. Başlanğıc şərtlər sıfır verilməklə (3) formulasında 3 xaotik ədədlər generatorundan istifadə olunur. Bu xaotik ədədlər generatorunun başlanğıc şərtləri müxtəlif olur (məsələn, $z_{10} = 0.50$, $z_{20} = 0.53$, $z_{30} = 0.28$). Optimallaşdırma blokunda isə optimal qiymətlərin keyfiyyətinin sintezi (1) ifadəsi üzrə $J^{opt} = 1.27$ və sazlanmış parametrlər $K_p^{opt} = 0.200$, $K_D^{opt} = 0.155$, $K_i = 0.088$ təyin olunur.



Şəkil 2. Modelləşdirilən idarəetmə sisteminin təcrübi keçid prosesləri

Aparığımız tədqiqatın nəticəsini qısa şəkildə belə formalaşdırmaq olar: Sintez edilmiş idarəetmə sisteminin iş qabiliyyətliliyi, qeyri-səlis çoxluqların parametrləri və biliklər bazası –

linqivistik qaydaları bilavasitə kompüter modelləşdirilməsi əsasında korreksiya edilərək, idarəetmə sistemin keyfiyyət göstəriciləri qiymətləndirilir. Təklif olunmuş tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sistemi xaos nəzəriyyəsinin elementlərinin tətbiqi ilə işlənmişdir və tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sisteminin layihələndirilməsini *MATLAB* mühitində *M*-dilində *Windows Forms* texnologiyası əsasında *Borland C++* proqram vasitələri əsasında realizə olunmuşdur. Tənzimləyicinin avtomatlaşdırılmış sintezi sistemi müxtəlifstrukturlu: xətti, qeyri-xətti, o cümlədən qeyri-səlis TS modeli formasında tənzimləyicinin sintezi məsələsini effektiv həll etməyə imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev R.Ə., Cəfərov S.M., Babayev M.C. və b. İntellektual sistemlərin qurulma prinsipləri və layihələndirilməsi. Bakı: Nərgiz, 2005, 368 s.
2. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. Управление нелинейными колебательными и хаотическими системами. СПб.: Наука, 1999.
3. Джафаров С.М., Зейналов Э.Р., Джафаров П.С., Мустафаева А.М. Идентификация нечеткой модели нелинейных объектов при наблюдаемости лишь входа и выхода // Mingəçevir Politehnik İnstitutunun yaradılmasının 20-ci il dönümünə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransının materialları, 2012, s. 89-96
4. Колесников А.А., Капустина А.С. Синергетический метод синтеза систем хаоса динамической обработки и защиты информации. Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Вып. 1 (35) – февраль, 2011, с. 1-10
5. Магницкий Н.А. Хаотическая динамика нелинейных диссипативных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Учебное пособие. М.: Макс Пресс, 2006, 156 с.
6. Мирошник И.В., Никифоров В.О. Синтез нелинейных систем автоматического управления. СПб: СПб ГИТМО, 2000, 80 с.
7. Нусратов О.К., Джафаров П.С., Зейналов Э.Р., Мустафаева А.М., Джафаров С.М. Аналитический метод синтеза регулятора с нечеткой TS моделью для управления манипулятором робота с гибким соединением // Журнал Мехатроника, Автоматизация, Управление, №8, август, 2011, с.10-14
8. Семенов В.В. и др. Методы описания, анализа и синтеза нелинейных систем управления. М.: МАИ, 1993, 312 с.
9. Tanaka K., Ikeda T., Wang H.O. A unified approach to controlling chaos via arm LMI based fuzzy control system design //IEEE Trans.Circ.Syst.I, v.45, 1998, pp. 1021-1040
10. Jafarov S.M., Mustafayeva A.M., Zeynalov E.R., Jafarov P.S., Design of a system of an automated synthesis of controllers on the base of the chaos theory. // Seventh International Conference on SCWWandPSA, Decision and Control. Izmir, Turkey, September 2-3, 2013, pp. 395-403

РЕЗЮМЕ

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ХАОСА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С НЕРЕГУЛЯРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Джафаров С.М., Алиева А.С., Намазов Э.Г.

Ключевые слова: динамический объект с нерегулярным движением, генератор хаотических чисел, система синтеза регулятора.

Предложена архитектура системы автоматизированного синтеза регуляторов (САСР) для нелинейных динамических объектов с неопределенностями. На основе сконструированного генератора хаотических чисел САСР определены оптимальные параметры ПИД регулятора, которые обеспечивали требуемые качества – минимум интегральной квадратической ошибки в САУ. Запоминается номер этого эксперимента и параметрам ПИД регулятора присваиваются эти числа $(k_{Pm}^{opt}, k_{Im}^{opt}, k_{Dm}^{opt}, m=m^*)$ как оптимальными значениями синтезированного регулятора.

SUMMARY

**AUTOMATED SYNTHESIS OF REGULATORS FOR THE OBJECTS WITH IRREGULAR
MOVEMENT BASED ON THE CHAOS THEORY**

Jafarov S.M., Aliyeva A.S., Namazov E.Q.

Key words: *dynamic object with irregular movement, chaotic number generator, synthesis system of the regulator*

In the article the automated synthesis system architecture of the regulator has been proposed for the control of dynamic objects with uncertainty and nonlinearity. Based on a constructed chaotic number generator in the automated synthesis system of regulator the parameters for PID regulator is selected so that the required qualities - the minimum integral square error in the ACS has been provided. The number of this experiment is remembered and the parameters of the PID regulator are assigned these numbers ($k_{Pm}^{opt}, k_{Im}^{opt}, k_{Dm}^{opt}, m=m^*$) as the optimal values of the synthesized controller.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	19.01.2021
	Son variant	26.02.2021