

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
İDARƏETMLƏ SİSTEMLƏRİ İNSTİTUTU**

Əlyazma hüququnda

ŞABANOV MƏMMƏD ƏLİ OĞLU

**DINAMİK MODELƏRİN AVTOMATİK
IDENTİFİKASIYA ALQORITMLƏRİNİN
İŞLƏNMƏSİ.**

1203.01 – kompüter elmləri

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI – 2014

İş «Odlar Yurdu» Universitetində yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

ƏLƏKBƏRLİ F.H.

texnika elmləri doktoru, professor

Rəsmi oponentlər:

texnika elmləri doktoru, professor

CƏFƏROV S.M.

texnika üzrə fəlsəfə doktoru

VERDİYEV Ç.Ə.

Aparıcı müəssisə:

Azərbaycan Texniki Universitetinin
«Avtomatika və idarəetmə» kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi « 30 » 05 2014-cü ildə
saat 13⁰⁰ –da MEA İdarəetmə Sistemləri (Kibernetika)
İnstitutunun nəzdindəki D 01.121 Dissertasiya Şurasının
iclasında Bakı şəh., B.Vahabzadə küç.,9 ünvanında keçiriləcək.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan MEA İdarəetmə Sistemləri
(Kibernetika) İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat « 28 » 04 2014-cü ildə göndərilmişdir

D 01. 121 Dissertasiya şurasının

Elmi katibi, r.ü.f.d.:

Ə.B.Paşayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Hazırda müxtəlif obyektlərin, o cümlədən texnoloji proseslərin idarə edilməsində xüsusişdirilmiş kontrollerlərdən geniş təyinatlı paylanmış idarəetmə sistemlərinədək müxtəlif rəqəmsal texniki vəsaitlərdən istifadə edilir. Bu isə texnoloji proseslərin idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsini, o cümlədən avtomatik tənzimləmə sistemlərinin sintezini həmin texniki vəsaitlərdən istifadə etməklə avtomatlaşdırmağa şərait yaradır. Avtomatik tənzimləmə sistemlərinin sintezi bir çox mərhələlərdən ibarətdir ki, onlardan biri də tənzimləmə obyektlərinin dinamik modellərinin alınmasından – onların identifikasiyasından ibarətdir. Bu sahədə kifayət qədər üsullar və alqoritmlər mövcud olsa da yenə də onları daha səmərəli üsul və alqoritmlərlə zənginləşdirməyə ehtiyac duyulur. İdarəetmə obyektlərinin dinamik modellərinin – ötürmə funksiyalarının onların işəburaxma əyrilərinə əsasən alınmasının bir çox üsulları işlənmişdir. Mühəndis praktikasında qrafo-analitik üsullar daha geniş istifadə edilir. Qrafo-analitik üsullar identifikasiya etmənin əllə yerinə yetirilməsi üçün nəzərdə tutulmuş, lakin onlar avtomatlaşdırılma üçün işlənmişlər. Bu isə həmin üsulların müasir şəraitdə tətbiq imkanlarını məhdudlaşdırır. Deyilənləri nəzərə alaraq dissertasiya işi tənzimləmə obyektlərinin keçid xarakteristikalarının alınması (təcrübənin qoyulması, məlumatın toplanması və emalı), obyektin tipinin təyin edilməsi və həmin məlumatla əsasən kəsilməz və ya diskret ötürmə funksiyalarının parametrlərinin qiymətləndirilməsinin tam avtomatik yerinə yetirilməsi üsul və alqoritmlərinin işlənməsinə həsr edilmişdir.

İşin məqsədi. Dissertasiya işinin məqsədi aşağıdakılardan ibarətdir:

- idarəetmə obyektlərinin keçid xarakteristikalarına görə onların dinamik modellərinin identifikasiyasının tam avtomatik yerinə yetirilməsinə imkan verən üsul və alqoritmlərin işlənməsi;

- bu məqsədlə identifikasiya edilən obyektin keçid xarakteristikasına görə onun modelinin quruluşunu dəqiq seçməyə, yəni obyektin tipini avtomatik təyin etməyə imkan verən üsulun işlənməsi;

- keçid xarakteristikasına əsasən obyektin parametrlərini avtomatik qiymətləndirmə alqoritmlərinin işlənməsi;

- küylənmiş keçid xarakteristikasına əsasən obyektin tipinin və ötürmə funksiyalarının avtomatik identifikasiya alqoritmlərinin işlənməsi;

- işlənmiş üsul və alqoritmlərin eksperimental tədqiqi.

Tədqiqat üsulları. Dissertasiyada alınan elmi nəticələr avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi, kəsilməz və diskret sistemlərin riyazi aparatı və identifikasiya üsulları, süzgəcləmə üsullarına əsaslanır və Matlab proqramlar paketi və proqramlaşdırma dillərindən istifadə etməklə təsdiqlənir.

İşin elmi yenilikləri kimi aşağıdakıları göstərmək olar:

- keçid xarakteristikalarına görə obyektin tipinin avtomatik təyin edilməsi üsul və alqoritminin işlənməsi;

- keçid xarakteristikalarına görə obyektin kəsilməz ötürmə funksiyalarının parametrlərinin birbaşa və dolaylı avtomatik qiymətləndirmə alqoritmlərinin işlənməsi;

- keçid xarakteristikalarına görə obyektin diskret ötürmə funksiyalarının parametrlərinin avtomatik qiymətləndirmə alqoritmlərinin işlənməsi;

- obyektin küylənmiş keçid xarakteristikaları əsasında onun tipinin və diskret ötürmə funksiyalarının avtomatik identifikasiya alqoritmlərinin işlənməsi.

İşin praktiki əhəmiyyəti işlənmiş üsul və alqoritmlərin yeni tətbiq edilən texnoloji proseslərin avtomatik tənzimləmə sisteminin qurulması, mövcud texnoloji proseslərin avtomatik tənzimləmə sisteminin təkmilləşdirilməsi zamanı xüsusi əmək

tətbiq etmədən onların layihələndirilməsində və tədrisdə istifadə edilə bilməsidir.

İşin aprobasiyası. İşin əsas nəticələri və müddəaları müzakirə edilmişdir:

Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIV Respublika elmi konfransında (Bakı, 2009); «Riyazi modelləşdirmə, ədədi üsullar və informasiya sistemləri», Beynəlxalq iştirakla II Ümumrusiya elmi-praktiki konfransında (Rusiya, Samara, 2010); «İnformasiya texnoloqiyaları, sistem təhlili və idarəetmə», Gənc alimlərin, aspirantların və tələbələrin VIII Ümumrusiya elmi konfransında (Rusiya, Taqanroq, 2010); «Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnoloqiyaları» II Respublika Elmi Konfransında. (Sumqayıt, 2012); «Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri» Respublika Elmi-Texniki Konfransında (Bakı, 2012).

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 14 elmi iş çap edilmişdir. Onlardan ikisi tək, qalanları isə elmi rəhbərin həmmüəllifliyi ilədir.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, beş fəsil, əsas nəticələr, ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. İşin əsas həcmi 102 səhifədə şərh edilmiş, 111 adda ədəbiyyata istinad edilmiş, 10 cədvəl və 35 şəkil daxil edilmişdir.

DİSSERTASIYA İŞİNİN MƏZMUNU

Girişdə işin aktuallığı əsaslandırılır, hər bir fəsildə yerinə yetirilən məsələlərin qısa izahı və işin ümumi xarakteristikaları verilir.

Birinci fəsildə tənzimləmə obyektlərinin identifikasiyasının mövcud üsulları və sistemləri təhlil edilərək həmin işlərdəki boşluqlar araşdırılmasının nəticəsində tədqiqat işinin məqsəd və vəzifələri müəyyən edilir.

Mövcud üsulların təhlili struktur və parametrik identifikasiya istiqamətində baxılaraq müəyyən edilir ki, tənzimləmə obyektlərinin quruluşu tədqiqatçı tərəfindən vizual

olaraq təyin edilir və onun avtomatik təyinedilmə üsulu işlənməmişdir. Parametrik üsullar öz növbəsində kəsilməz və diskret ötürmə funksiyalarının identifikasiyası istiqamətlərində baxılır. Müəyyən edilir ki, tənzimləmə obyektlərinin keçid xarakteristikasına əsasən bir çox üsullar olsa da, onların çoxunda S şəkilli xarakteristikalara baxılır və həmin üsullar əllə işləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Mövcud avtomatlaşdırılmış sistemlər isə qapalı olduqları üçün onlarda istifadə olunan alqoritm və proqramlar tətbiqi idarəetmə və avtomatik layihələndirmə sistemlərində istifadə üçün yaramır. Deyilənləri nəzərə alaraq tədqiqat işinin məqsədi keçid xarakteristikasının alınmasından ötürmə funksiyasının parametrlərinin təyin edilməsindən bütünlükdə mərhələlərin avtomatik yerinə yetirilməsinə imkan verən üsul və alqoritmlərin işlənməsi kimi müəyyən edilir.

İkinci fəsildə rəqəmsal tənzimləmə sistemlərinin ümumi quruluşu, identifikasiya etmənin ümumi sxemi, təcrübənin təşkili, məlumatın toplanıb emal edilməsi və ideal təmiz məlumat əsasən obyektin tipinin təyin edilməsinin avtomatik üsul və alqoritm verilir.

İdentifikasiya etmənin ümumi sxemi təcrübənin təşkili, məlumatın toplanması, məlumatın hesabat üçün hazırlanması, obyektin tipinin təyini, modelin parametrlərinin qiymətləndirilməsi və alınmış modelin adekvatlığının yoxlanılması mərhələlərindən ibarətdir.

Keçid xarakteristikalarının alınması üçün idarəetmə obyektinə təsir edən bütün həyəcanlar mümkün qədər stabiləşdirildikdən sonra xarakteristikası çıxarılan kanalın girişi pilləvari dəyişdirilir və həmin kanalın çıxışının dəyişməsi qeyd edilir. Çıxışın qeyd edilməsi

$$\begin{aligned} \tilde{y}[iT] - \tilde{y}[(i+1)T] &= \tilde{y}[(i+1)T] - \tilde{y}[(i+2)T] = \\ &\dots = \tilde{y}[(i-1)T] - \tilde{y}[(i+1)T] \end{aligned} \quad (1)$$

şerti ödənildikdə dayandırılır və keçid xarakteristikasının son nöqtəsi kimi $\tilde{y}[iT]$ qiyməti götürülür. $l > 1$ olub, tədqiqatçı tərəfindən təyin edilən tam ədəddir. Beləliklə, keçid xarakteristikası haqqında ilkin məlumat

$$\tilde{Y} = (\tilde{y}[0T], \tilde{y}[1T], \dots, \tilde{y}[iT])$$

ardıcılığı şəklində alınır. Bundan sonra həmin məlumat üzərində müxtəlif emal əməliyyatları aparılaraq

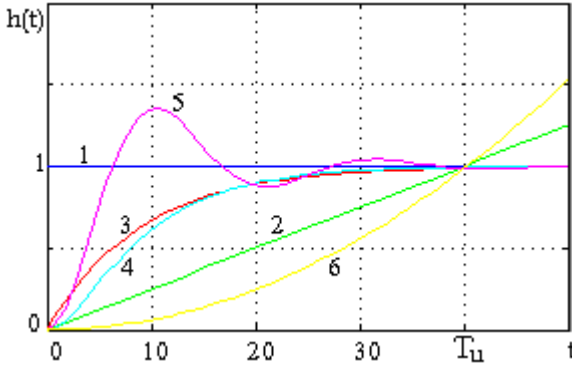
$$Y_{tec} = (y[0T], y[1T], y[2T], \dots, y[rT]) \quad (2)$$

ardıcılığı alınır və həmin ardıcılıq identifikasiya etmənin məlumat bazasını təşkil edir.

Obyektin struktur identifikasiyası elementar manqaların keçid xarakteristikalarının qarşılıqlı münasibətinə əsaslanır. Bu məqsədlə MATLAB vasitəsilə ətalətsiz (1 xətti), inteqrallayıcı (2 xətti), birinci (3 əyrisi) və ikinci dərəcəli (4 əyrisi) aperiodik, rəqsi (5 əyrisi), ətalətli-inteqrallayıcı (6 əyrisi) manqaların keçid xarakteristikaları qurulmuşdur (şək.1). Manqaların parametrləri elə seçilmişdir ki, inteqrallayıcı tərkibə malik manqalardan başqa hamısının keçid xarakteristikası təqribən eyni səviyyədə (vahid), eyni zamanda qərarlaşırlar. İnteqrallayıcı manqaların keçid xarakteristikaları isə digər manqaların keçid xarakteristikalarının qərarlaşma vaxtı və səviyyəsi nöqtəsindən keçir.

Şək.1-də elementar manqaların keçid xarakteristikalarının $(0, T_u)$ intervalında aşağıdakı qarşılıqlı münasibətlərini göstərmək olar: birinci dərəcəli aperiodik manqanın keçid xarakteristikası ətalətsiz və inteqrallayıcı manqaların keçid xarakteristikaları arasında yerləşir; ikinci dərəcəli aperiodik manqanın keçid xarakteristikası həmişə ətalətsiz manqanın keçid xarakteristikasından aşağıda olmaqla başlanğıcda inteqrallayıcı manqanın keçid xarakteristikasından aşağıda, sonra isə ondan yuxarıda yerləşir; rəqsi manqanın keçid xarakteristikası başlanğıcda ani olaraq inteqrallayıcı manqanın keçid xarakteristikasından aşağıda, sonra isə həmişə ondan yuxarıda olmaqla ətalətsiz manqanın keçid xarakteristikası ətrafında rəqs edir; ətalətli-inteqrallayıcı manqanın keçid xarakteristikası

İnteqrallayıcı manqanın keçid xarakteristikısından aşağıda yerləşir. Xarakteristikaların bu münasibətlərinin manqaların parametrlərindən asılı olmadıqları işdə riyazi olaraq sübut edilmiş və həmin münasibətlərdən istifadə edərək obyektin tipinin təyini alqoritmi verilmişdir.



Şəkil 1.Elementar dinamik manqaların keçid xarakteristikaları

Üçüncü fəsildə tənzimləmə obyektlərinin keçid xarakteristikalarına əsasən onların kəsilməz ötürmə funksiyalarının parametrlərinin birbaşa və dolayı qiymətləndirmə alqoritmləri, həmin obyektlərin diskret ötürmə funksiyalarının parametrlərinin qiymətləndirmə alqoritmləri və onların kompüter nəticələri şərh edilir.

Kəsilməz ötürmə funksiyalarının parametrlərinin birbaşa qiymətləndirmə alqoritmləri onların məlum qrafo-analitik üsullarına əsaslandığı üçün işdə həmin üsullar hər bir manqa üçün qısa şərh olunduqdan sonra onların kompüter alqoritmləri verilir. Burada isə kompüter alqoritmlərində istifadə edilən riyazi ifadələrlə kifayətlənək.

İnteqrallayıcı və ətalətli-inteqrallayıcı manqalardan başqa digər manqaların gücləndirmə əmsalları (2) ardıcılığına görə

$$K = y[rT] / \Delta x ; \quad (3)$$

İnteqrallayıcı manqanın gücləndirmə əmsalı isə

$$K = y[rT]rT/\Delta x ; \quad (4)$$

Birinci dərəcəli aperiodik manqanın T_o - zaman sabiti

$$T_o = \frac{y_u - y[iT]}{y[(i+1)T] - y[iT]} T ;$$

Ətalətli-inteqrallayıcı manqanın $W(s) = \frac{K}{T_o s^2 + s}$ ötürmə

funksiyasının parametrləri

$$T_o = T_u - \frac{y[rT]}{y[rT] - y[(r-1)T]} T, \quad K = \frac{y[rT]}{T_u - T_o} ;$$

İkinci dərəcəli aperiodik manqanın

$$W(s) = \frac{K}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + 1}$$

ötürmə funksiyasının $T_1 T_2$ və $T_1 + T_2$ əmsalları

$$T_1 + T_2 = (y[rT] - y_d)T / (y[kT] - y_d)2 \quad (5)$$

$$T_1 T_2 = KT^2 / (y[0T] - 2y[1T] + y[2T]) \quad (6)$$

ifadələrindən təyin edilir. Burada y_d xarakteristikanın dönmə nöqtəsinin ordinatı olub axtarış yolu ilə tapılır və (5) ifadəsi məlum qrafo-analitik üsulun kompüter variantı, (6) ifadəsi isə manqanın keçid xarakteristikasının ikinci törəməsinin $y''(t)_{t=0} = K/T_1 T_2$ olmasından alınır. Δx - girişə verilən təkanın qiymətidir.

Rəqsi manqanın $W(s) = \frac{K}{Ts^2 + 2\xi Ts + 1}$ ötürmə funksiyasının T və ξ parametrləri

$$\omega_m = \frac{2\pi}{T_m}, \beta = \frac{1}{T_m} \ln \frac{m_1}{m_2}, T = \frac{1}{\sqrt{\omega_m^2 + \beta^2}}, \xi = \beta T$$

ifadələri ilə təyin edilir. Hesabata lazım olan T_m, m_1, m_2 kəmiyyətləri (2) ardıcılığından aşağıdakı kimi təyin edilir: ardıcılığın başlanğıcından başlayaraq ilk $y(kT) > y(rT)$ kəmiyyəti tapılır. Keçid xarakteristikasının qərarlaşma xəttini kəsmə vaxtı $t_k = T(2k - 1)/2$ kimi götürülür. $y[kT]$ kəmiyyətindən başlayaraq ardıcılıqdakı maksimal kəmiyyət $y[mT]$ və onun absisi $t_m = mT$ tapılaraq rəqs periodu $T_m = 4(t_m - t_k)$ ifadəsi ilə təyin edilir. m_1, m_2 kəmiyyətləri isə (2) ardıcılığından $m_1 = y[mT] - y[rT]; m_2 = y[(m + T_m/T)T] - y[rT]$ ifadələri ilə hesablanır.

Diskret ötürmə funksiyalarının identifikasiya alqoritmlərinin mahiyyəti strukturu məlum olan obyektin fərq tənliyinin həllinin (2) ardıcılığına tətbiq edilərək tərtib edilən xətti tənliklər sistemindən diskret ötürmə funksiyasının parametrlərinin tapılmasından ibarətdir. Dissertasiyada həm ümumi hala, həm də elementar mənzəqlərin diskret ötürmə funksiyalarının parametrik identifikasiyasına baxılır. Burada mənzəqlərin parametrik identifikasiya ifadələrinə baxaq:

Gücləndirici (ətalətsiz) mənzəqlin $W(z) = B_0$ və İnteqrallayıcı

mənzəqlin $W(z) = \frac{B_0}{1 - z^{-1}}$ diskret ötürmə funksiyalarının yeganə parametri $B_0 = y[0T]$;

Birinci dərəcəli aperiodik mənzəqlin $W(z) = \frac{B_0}{1 + A_1 z^{-1}}$

diskret ötürmə funksiyasının parametrləri

$$B_0 = y[0T], \quad A_1 = \frac{y[0T] - y[1T]}{y[0T]};$$

İkinci dərəcəli aperiodik, rəqsi və ətalətli-inteqrallayıcı

manqaların $W(z) = \frac{B_0}{1 + A_1 z^{-1} + A_2 z^{-2}}$ şəklində diskret ötürmə funksiyalarının parametrləri

$$B_0 = y[0T], \quad A_1 = \frac{B_0 - y[1T]}{y[0T]},$$

$$A_2 = \frac{B_0 - A_1 y[1T] - y[2T]}{y[0T]}$$

ifadələri təyin edilir.

Kəsilməz ötürmə funksiyalarının dolayı identifikasiyanın mahiyyəti təcrübə kəmiyyətlər ardıcılığına əsasən manqanın fərq tənliklər sistemindən onların parametrlərinin təyin edilməsindən ibarətdir:

Gücləndirici (ətalətsiz) və İnteqrallayıcı manqaların gücləndirmə əmsalları (2) ardıcılığına əsasən uyğun olaraq (3) və (4) ifadələri ilə;

Birinci dərəcəli aperiodik manqanın zaman sabiti $T_o = \frac{(K - B)T}{B}$ və ya $T_o = \frac{AT}{A + 1}$ ifadəsindən, bu ifadələrdəki

A, B kəmiyyətləri isə

$$\begin{cases} y[1T] = Bx[1T] - Ay[0T] \\ K = \frac{B}{1 - A} \end{cases}$$

sisteminin həllindən;

İkinci dərəcəli aperiodik və rəqsi mənzəqlərin

$W(s) = \frac{K}{cs^2 + ds + 1}$ ötürmə funksiyalarının c və d parametrləri

$$\begin{cases} (A_2 - 1)c + A_2Td = -A_2T^2 \\ Bc + BTd = (K - B)T^2 \end{cases}$$

sisteminin, A_1, A_2, B kəmiyyətləri isə

$$\begin{cases} y[2] = Bx[2] - A_1y[1] - A_2y[0], \\ y[3] = Bx[3] - A_1y[2] - A_2y[1] \\ K = \frac{B}{1 - A_1 - A_2} \end{cases}$$

sisteminin həllindən;

$$\text{Ətalətli-inteqrallayıcı mənzəqlərin } W(s) = \frac{K}{s(cs + 1)}$$

ötürmə funksiyasının parametrləri

$$c = \frac{A_2T}{1 - A_2}, K = \frac{B(c + T)}{T^2}$$

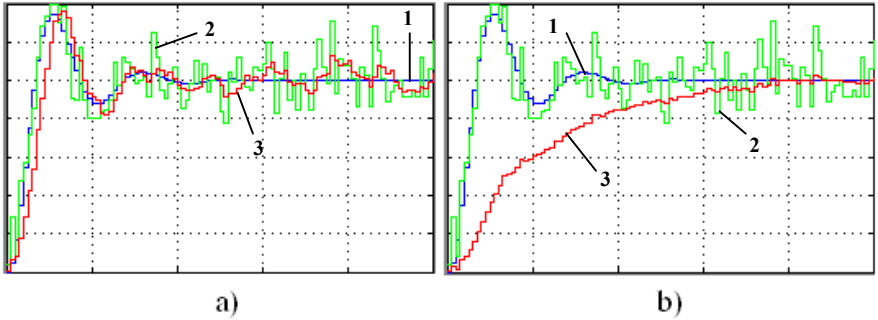
ifadələrindən, A_1, A_2, B kəmiyyətləri isə

$$\begin{cases} y[2] = Bx[2] - A_1y[1] - A_2y[0], \\ y[3] = Bx[3] - A_1y[2] - A_2y[1], \\ y[4] = Bx[4] - A_1y[3] - A_2y[2] \end{cases}$$

sisteminin həllindən təyin edilir.

Dördüncü fəsil obyektin keçid xarakteristikaları haqqında «küylənmiş» məlumatla əsasən onun diskret ötürmə funksiyasının identifikasiyasına həsr edilir.

Texnoloji parametrlərin kompüterlə ölçü sxemləri verilib, küy mənbələri aşkar edildikdən sonra süzgüləmə üsulları təhlil edilir. Təhlillər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sürüşkən ortalama üsulu keçid prosesini daha yaxşı izlədiyi halda, onun qərarlaşmış hissəsini pis hamarlayır. Eksponensial süzgüləmə üsulu isə keçid prosesini deformasiya etdirir, lakin onun qərarlaşmış hissəsini daha yaxşı hamarlayır. Şək.2-də rəqsi manqanın təmiz (əyri 1), küylənmiş (əyri 2) və süzgülənmiş (əyri 3) keçid prosesləri verilmişdir.



Şəkil 2. Rəqsi keçid xarakteristikasının süzgülənməsi

Osilloqrammalar sürüşkən ortalama (Şək.2a) və eksponensial (Şək.2b) süzgüləmə üsullarının nəticəsidir. Bunları nəzərə alaraq məlumatın toplanması zamanı avtomatik olaraq keçid prosesinin başa çatmasını real vaxt ərzində müəyyən etmək məqsədilə eksponensial süzgüləmə, toplanmış məlumat əsasında digər əməliyyatları aparmaq üçünsə sürüşkən ortalama üsulunu tətbiq etmək məqsəduyğundur.

Keçid prosesinin başa çatması

$$|\tilde{y}[iT] - 2\tilde{y}[(i+1)T] + \tilde{y}[(i+2)T]| < \varepsilon,$$

$$|\tilde{y}[(i+1)T] - 2\tilde{y}[(i+2)T] + \tilde{y}[(i+3)T]| < \varepsilon,$$

⋮

$$|\tilde{y}[(i+l)T] - 2\tilde{y}[(i+l+1)T] + \tilde{y}[(i+l+2)T]| < \varepsilon$$

şərtləri ilə müəyyən edilir. ε - qiyməti kiçik kəmiyyət, $l > 1$ tam ədəd olub tədqiqatçı tərəfindən seçilirlər.

Keçid xarakteristikası haqqında məlumat toplandıqdan sonra həmin məlumat sürüşkən ortalama üsulu ilə süzgülənərək izafi qərarlaşmış hissə ardıcılığı sonundan

$$|y(i-j) - y(i-j-1)| > \varepsilon, \quad j = 1, 2, \dots, l \quad (7)$$

ε - şərtinə əsasən atılır. seçilmiş kiçik ədəd, l - ardıcıl yoxlama nöqtələrinin sayıdır. İşdə $l = 4$ və $\varepsilon = 0.05y_{or}$ götürülmüşdür, y_{or} - (7) şərtinin ödənilmədiyi, yəni atılacaq hissənin orta qiymətidir. Yalnız bundan sonra obyektin tipi təyin edilir: bu halda obyektin tipi ikinci fəsildə verilmiş alqoritmdən çox az fərqli alqoritmlə təyin edilir.

Küylənmiş məlumat süzgülənmiş olsa da onun əsasında 3-cü fəsildə verilmiş alqoritmlərdən istifadə etməklə ötürmə funksiyalarının parametrlərinin təyin edilməsi məqsədəuyğun deyil, çünki, təcrübi məlumat nə qədər süzgülənsə də küylərdən tam azad olmur və kiçik təhrif ötürmə funksiyasının parametrlərinin qiymətinə güclü təsir edir. Bunu nəzərə alaraq küylənmiş məlumatlara əsasən ötürmə funksiyalarının parametrlərini reqressiya üsulları ilə, o cümlədən, Ən kiçik kvadratlar üsulu (ƏKKÜ) ilə təyin etmək daha məqsədəuyğundur.

Əvvəlcə ƏKKÜ istifadə etməklə elementar manqaların diskret ötürmə funksiyalarının parametrlərinin təyin edilməsinin ümumi halına, sonra isə ayrı-ayrı manqaların ötürmə funksiyalarının parametrlərinin təyin edilməsinə baxılır.

Keçid xarakteristikasına əsasən manqaların ötürmə funksiyalarının parametrləri ƏKKÜ görə

$$\beta = |M'M|^{-1} M'Y$$

kimi təyin edilir: β - naməlum əmsallar vektor-sütunu, M - informasiya matrisi, Y - vektor-sütundur. Girişin vahid təkan

olduğunu nəzərə alaraq mənzələr üçün β, \ddot{Y} vektorları və M matrisinin quruluşunu yazaq:

Gücləndirici (ətalətsiz) mənzə:

$$M = \begin{vmatrix} 1 & y[0T] \\ 1 & y[1T] \\ \vdots & \vdots \\ 1 & y[(r-1)T] \end{vmatrix}, \quad M' = |1 \ 1 \dots 1|,$$

$$\beta = |B_0|,$$

$$\ddot{Y}' = |y[0T] \ y[1T] \ \dots \ y[rT]|;$$

İnteqrallayıcı mənzə:

$$\beta' = |B_0 \ A_1|,$$

$$\ddot{Y}' = |y[1T] \ y[2T] \ \dots \ y[rT]|,$$

$$M = \begin{vmatrix} 1 & y[0T] \\ 1 & y[1T] \\ \vdots & \vdots \\ 1 & y[(r-1)T] \end{vmatrix};$$

Birinci dərəcəli aperiodik mənzə:

$$\beta' = |B_0 - A_1|,$$

$$\ddot{Y}' = |y[1T] \ y[2T] \ \dots \ y[rT]|,$$

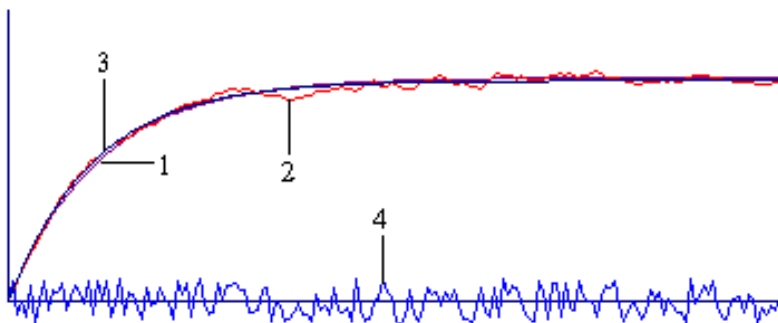
İkinci dərəcəli aperiodik, rəqsi və ətalətli-inteqrallayıcı mənzələr:

$$\beta' = |B_0 - A_1 - A_2|,$$

$$\ddot{Y}' = |y[2T] \ y[3T] \ \dots \ y[rT]|,$$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & y[1T] & y[0T] \\ 1 & y[2T] & y[1T] \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & y[(r-2)T] & y[(r-1)T] \end{pmatrix}.$$

Şək.3-də birinci dərəcəli aperiodik manqanın təmiz (əyri 1), küyləndirildikdən sonra hamarlanmış (əyri 2), identifikasiyanın nəticəsinə görə modellər əsasında qurulmuş (əyri 3) keçid xarakteristikaları və küy (əyri 4) verilmişdir.



Şəkil 3. I dərəcəli aperiodik manqanın keçid xarakteristikaları

Bəşinci fəsil təklif edilən üsul və alqoritmlərin laboratoriya şəraitində sınaqdan çıxarılmasına həsr edilir. Bu məqsədlə kompüter və onunla əlaqədə olan SUL-3 laboratoriya qurğusundan ibarət hibrid sistemin izahı, identifikasiya etmə ardıcılığı və proqram təminatı şərh edilir.

Əlavələrdə təklif edilən alqoritmləri realizasiya edən proqramların mətni və həmin alqoritmlərin Heydər Əliyev adına neft emalı zavodunda sınağı haqqında akt verilir.

İŞİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. İşin əsas nəticəsi ondan ibarətdir ki, bu dissertasiya işində dinamik modellərin tam avtomatik identifikasiyasını həyata keçirə bilən üsul və alqoritmlər işlənmişdir.

2. Tənzimləmə obyektlərinin keçid xarakteristikalarının alınması üçün təcrübənin kompüter vasitəsilə avtomatik təşkil edilməsi alqoritmi təklif edilmişdir. Alqoritmın əsas mahiyyəti, təcrübə aparılan obyektin tipindən asılı olmayaraq keçid prosesinin başa çatmasını avtomatik təyin etmək və məlumat toplanmasını dayandırmaqdır.

3. Tənzimləmə obyektinin struktur identifikasiyası, onun tipinin təyin edilməsi üsulu təklif edilmişdir. Obyektin tipik elementar manqalardan biri olması nəzərdə tutularaq onların keçid xarakteristikalarının qarşılıqlı münasibətləri araşdırılmış, nəticələr riyazi sübut olunmuş və həmin münasibətlərdən istifadə edilərək toplanmış məlumatın «təmiz», yəni təhrif olunmamış hal üçün struktur identifikasiya üsulunun alqoritmi işlənmişdir.

4. Keçid xarakteristikası haqqında məlumata əsasən, elementar manqaların kəsilməz ötürmə funksiyalarının parametrlərinin birbaşa (kəsilməz ötürmə funksiyasının parametrlərinin bilavasitə qiymətləndirilməsi) və dolayı (əvvəlcə diskret ötürmə funksiyasının, sonra isə uyğun kəsilməz ötürmə funksiyasının parametrlərinin) təyin edilməsinin, yəni parametrik identifikasiyasının mövcud qrafo-analitik üsullara əsaslanan alqoritmləri verilmişdir.

5. Keçid xarakteristikası haqqında məlumata əsasən elementar manqaların diskret ötürmə funksiyalarının parametrlərinin təyin edilməsi alqoritmləri təklif edilmişdir. Alqoritmlər, elementar manqaları ifadə edən fərq tənliklərinin həllinin keçid xarakteristikasının müəyyən nöqtələrinə tətbiq edilməsinə əsaslanır.

6. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, keçid prosesinin başa çatmasını müəyyənləşdirmək üçün (real vaxt

ərzində) eksponensial süzgəcləmə, toplanmış məlumata əsasən digər məsələləri həll etmək üçün isə sürüşkən ortalama üsulundan istifadə etmək məqsəduyğundur. Real sənaye obyektlərindən daxil olan məlumat müxtəlif ölçmə, çevirmə və digər təhriflərə – küylənməyə məruz qaldıqlarını nəzərə alaraq həmin məlumatın süzgəclənməsi və süzgəclənmiş məlumat əsasında elementar mənzələrin struktur və parametrik identifikasiya alqoritmləri təklif edilmişdir.

7. Təklif edilən üsul və alqoritmlər həm kompüter simulyasiyası, həm də kompüter-SUL3 hibrid laboratoriya qurğusunda və Heydər Əliyev adına Bakı Neft Emalı zavodunun İnformasiya texnologiyaları mərkəzində ELOU AVT-6 qurğusunda sınaqdan çıxarılarq onların işləmə qabiliyyətləri yoxlanılmışdır. Təklif edilən alqoritmlərin Turbo-Basic alqoritmik dilində proqramları tərtib edilmişdir.

Dissertasiyanın əsas müddəaları aşağıdakı işlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Ələkbərli F.H., Şabanov M.Ə. Elementar dinamik mənzələrin tipinin avtomatik identifikasiyası. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi əsərləri. 2009, №2, s.204-210
2. Алекперли Ф. А., Шабанов М. А. Исследование взаимоотношений динамических характеристик элементарных звеньев в целях автоматической идентификации их типов. Естественные и технические науки. Москва, 2009, №6(44), ISSN 1684-2626, стр. 515-518 .
3. Ələkbərli F.H., Şabanov M.Ə. Tənzimləmə obyektlərinin avtomatik parametrik identifikasiyasının kompüter alqoritmləri. Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. 2009, №3,4, s.61-65
4. Ələkbərli F.H., Şabanov M.Ə. Dinamik obyektlərin dolayı parametrik identifikasiya alqoritmləri. Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin xəbərləri. 2009, Cild 12, №4(12), s. 55-58
5. Şabanov M.Ə. Elementar mənzələrin keçid xarakteristikalarına görə diskret ötürmə funksiyalarının identifikasiyası. «Azərbaycan Hava Yolları» qapalı səhmdar cəmiyyəti Milli Aviasiya Akademiyası. Elmi məcmuələr. 2009, Cild 11, №4, s.62-64
6. Şabanov M.Ə. Avtomatik identifikasiya zamanı elementar mənzələrin tipinin təyini. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIV Respublika elmi konfransının materialları. 4-5 dekabr 2009, Bakı, s.67
7. Алекперли Ф. А., Шабанов М. А. Автоматическая идентификация дискретных передаточных функций объектов по их «зашумленным» переходным характеристикам.

«Математическое моделирование, численные методы и информационные системы». Сборник материалов II Всероссийской научно - практической конференции с международным участием. Самара, Россия. 14-15 октября 2010г., ISBN 978-5-94189-053-8, стр.19-20.

8.Ələkbərli F.H., Şabanov M.Ə. «Küylənmiş» keçid xarakteristikasının diskret ötürmə funksiyalarının avtomatik identifikasiyası üçün süzgəclənməsi. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri. 2010, №2, s. 135-142.

9. Алекперли Ф.А.,Абдуллаев Т.С.,Шабанов М.А. Выбор метода фильтрации данных переходной характеристики в реальном масштабе времени. «Информационные технологии, системный анализ и управление» Материалы VIII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов 9-10 декабря 2010г., стр.215-217. Таганрог, Россия.

10. Vəliyev Ə.A., Ələkbərli F.H., Şabanov M.Ə. Təsadüfi təsirlər altında işləyən obyektin keçid xarakteristikasına qorə diskret ötürmə funksiyalarının avtomatik identifikasiyası. Odlar Yurdu Universitetinin Elmi və pedaqoji Xəbərləri, 2010, №30, s.3-12.

11. Ələkbərli F.H., Şabanov M.Ə. Obyektin keçid xarakteristika-sına qorə ötürmə funksiyasının avtomatik identifikasiyası.

«Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnoloqiya-ları» II Respublika Elmi Konfransının materialları 27-28 noyabr 2012 il, s.87-89. Sumqayıt.

12. АлекперлиФ.А.,ШабановМ.А. Математическое обоснование взаимоотношений переходных характеристик элементарных звеньев. «Автоматика və idarəetmənin müasir problemləri» Respublika Elmi-Texniki Konfransının materialları Bakı,2012 s.93-95.

13. Алекперли Ф.А., Шабанов М.А. Автоматическая идентификация структуры объекта на основе взаимоотношений переходных характеристик. Журнал "Вестник компьютерных и информационных технологий". Москва, 2013, №6, с.11-16.

14. Алекперли Ф.А., Шабанов М.А. Автоматическая структурная идентификация динамических объектов на основе сравнительного анализа типовых переходных характеристик.

Журнал "Мехатроника, Автоматизация, Управление". Москва, 2013, №7, с.8-12.

Müştərək müəlliflərlə nəşrlərdə iddiaçının rolu:

9 və 10-cu nəşrlərdən başqa digər müştərək nəşrlərdə həmmüəllif elmi rəhbərdir. Bu işlərdə o, məsələni ümumi şəkildə qoymuş, iddiaçı isə həmin məsələləri həll etmişdir;

9. İddiaçı süzgəcləmə üsulları kompüterdə realizə edərək tədqiq etmiş və məqbul hesab edilən üsulu seçmişdir;

10. Keçid xarakteristikasına əsasən diskret ötürmə funksiyalarının parametrik identifikasiya alqoritmlərini işləmişdir.

Мамед Али оглы Шабанов

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ
ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

РЕЗЮМЕ

Диссертационная работа посвящена разработке алгоритмов, позволяющих автоматическую идентификацию структур и параметров передаточных функций объектов управления, описываемых моделями типовых звеньев.

Идентификация объектов состоит из организации эксперимента и сбора информации, определения структуры модели, оценивания параметров модели. В связи с этим в работе решены следующие задачи, позволяющие автоматическое выполнение этих процедур:

- разработаны методы и алгоритмы автоматического определения структуры объекта, т.е. типа элементарного звена на основе числовой последовательности переходной характеристики. Метод основывается на взаимоотношениях переходных характеристик элементарных звеньев;

- разработаны алгоритмы автоматического оценивания параметров передаточных функций объектов известной структуры;

- разработаны алгоритмы автоматической идентификации структуры и параметров передаточных функций на основе «зашумленной» информации по переходной характеристике.

Разработанные алгоритмы исследованы на гибридном стенде, состоящем из аналогового моделирующего устройства СУЛ-3 и компьютера, а также на установке ЭЛОУ АВТ-6 Бакинского нефтеперерабатывающего завода имени Гейдара Алиева.

Mamed Ali oglu Shabanov
**Working out algorithms of automatic
identification dynamic models**

THE RESUME

Dissertational work is devoted to working out algorithms, structures allowing automatic identification and the parameters of transfer functions of objects of management described by typical links models.

Identification of objects consists of the organization of experiment and information gathering, definition of model structure, an estimating of model parameters. In this connection the following problems that allow automatically to perform these procedures are solved:

- methods and algorithms of automatic defining of object structure, i.e. type of an elementary link on the basis of numerical sequences, of the transitive characteristic is developed. The method is based on mutual relations of transitive characteristics of elementary links;

- algorithms automatic estimations of parameters' of transfer functions of objects of known structure are developed;

- algorithms of automatic identification of structure and parameters' of transfer functions on a basis the «noised» information under the transitive characteristic are developed.

The developed algorithms are investigated at the hybrid stand, consisting of analogue modeling device SUL-3 and the computer, and also on installation ELOU AVT-6 of the Baku oil refining factory of a name of Heydar Aliyev.

**ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА**

На правах рукописи

МАМЕД АЛИ ОГЛЫ ШАБАНОВ

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ
ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

1203.01 –компьютерные науки

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике**

БАКУ-2014