

Eshqobilov Sirojiddin Berdimurodovich, (QDTU) assistent o‘qituvchi
Sherobod Xudayqulov Berdimurod o‘g‘li, (QDTU) assistent o‘qituvchi
Ibragimov Islomnur, (QDTU) kata o‘qituvchi

BERK BOSHQARISH KONTURIDA DINAMIK OB’EKTLAR PARAMETRLARINI ADAPTIV IDENTIFIKATSIYALASH VA HOLATNI BAHOLASH ALGORITMLARI

Annotatsiya. Ushbu ishda berk boshqaruv konturidagi dinamik ob’ektlarning parametrlarini adaptiv identifikatsiya qilish va holatni baholash algoritmlari ishlab chiqiladi. O‘zaro korrelyatsiya funksiyalari, funksional identifikatsiya va noaniq logikaga asoslangan usullar taklif etiladi. Matematik model va tajriba natijalari yordamida algoritmlarning samaradorligi ko‘rsatiladi. Identifikatsiyalilik shartlari va zaxirasi tahlil qilinadi, kechikishning ta’siri o‘rganiladi.

Kalit so‘zlar: adaptiv identifikatsiya, berk boshqaruv konturi, dinamik ob’ektlar, holatni baholash, o‘zaro korrelyatsiya, funksional identifikatsiya, noaniq logika, identifikatsiyalilik zaxirasi.

UDC: 681.5.015.7:62-50

Eshqobilov Sirojiddin Berdimurodovich — assistant lecturer, KSTU
Sherobod Khudayqulov Berdimurodovich — assistant lecturer, KSTU
Ibragimov Islomnur — senior lecturer, KSTU

ADAPTIVE IDENTIFICATION ALGORITHMS FOR PARAMETER ESTIMATION AND STATE EVALUATION OF DYNAMIC OBJECTS IN A CLOSED-LOOP CONTROL SYSTEM

Abstract. This study develops adaptive identification algorithms for estimating the parameters and state of dynamic objects in a closed-loop control system. Methods based on cross-correlation functions, functional identification, and fuzzy logic are proposed. The efficiency of the algorithms is demonstrated through mathematical modeling and experimental results. Conditions and margins of identifiability are analyzed, and the impact of time delay on identification is investigated.

Keywords: adaptive identification, closed-loop control, dynamic systems, state estimation, cross-correlation, functional identification, fuzzy logic, identifiability margin.

УДК: 681.5.015.7:62-50

*Эшкобилов Сирожиддин Бердимуродович — ассистент преподаватель,
КГТУ*

*Шеробод Худайкулов Бердимуродович — ассистент преподаватель,
КГТУ*

Ибрагимов Исламнур — старший преподаватель, КГТУ

АЛГОРИТМЫ АДАПТИВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В данной работе разрабатываются алгоритмы адаптивной идентификации параметров и оценки состояния динамических объектов в замкнутом контуре управления. Предлагаются методы, основанные на взаимной корреляционной функции, функциональной идентификации и нечеткой логике. Эффективность алгоритмов подтверждается с помощью математического моделирования и экспериментальных данных. Выполнен анализ условий и запаса идентифицируемости, а также исследовано влияние запаздывания на идентификацию.

Ключевые слова: адаптивная идентификация, замкнутый контур управления, динамические объекты, оценка состояния, взаимная корреляция, функциональная идентификация, нечеткая логика, запас идентифицируемости.

Kirish

Zamonaviy boshqaruv tizimlari, ayniqsa, sanoat jarayonlarida dinamik ob'ektlarning parametrlarini real vaqtda aniqlash va holatini baholashni talab qiladi [1]. Berk kontur tizimlari teskari aloqa tufayli kirish-chiqish signallari o'rtasida murakkab bog'liqlikni keltirib chiqaradi, bu esa identifikatsiyani qiyinlashtiradi. Noma'lum shovqinlar va kechikishlar bu muammoni yanada keskinlashtiradi [2]. Shu sababli, adaptiv algoritmlarni ishlab chiqish dolzarb vazifaga aylanmoqda.

Ishning maqsadi — Berk konturdagi dinamik ob'ektlar uchun parametrlarini identifikatsiya qilish va holatni baholashning yangi adaptiv algoritmlarini taklif

qilish. Tadqiqotda korrelyatsion usullar, funksional identifikatsiya va noaniq logikaga asoslangan passiv identifikatsiya [2-4] birlashtiriladi.

Uslublar

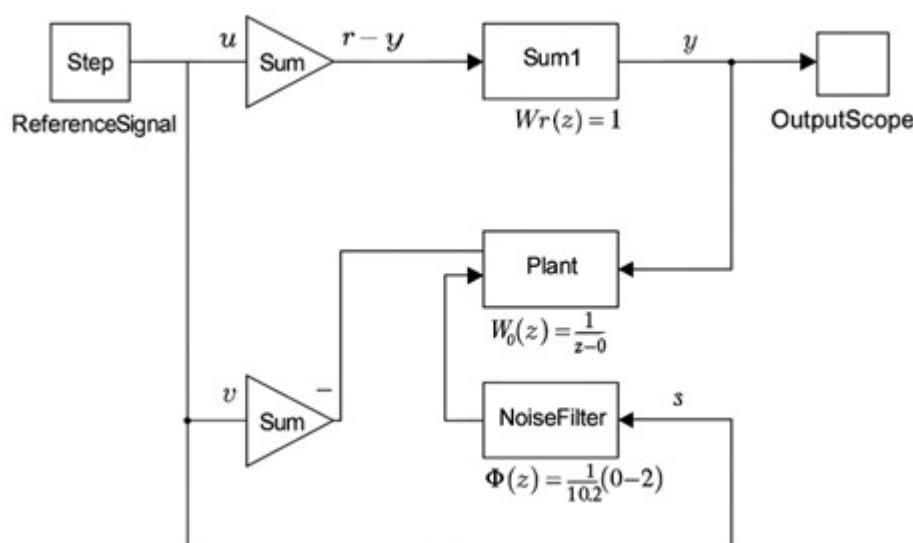
Tadqiqotda chiziqli dinamik ob'ekt ko'rib chiqiladi, uning uzatish funksiyasi:

$$W_0(z) = k_0 * \frac{Q_0(z)}{P_0(z)} = k_0 * \frac{\prod_{i=1}^{m_0} (1 + a_{1,i} z^{-1})}{\prod_{i=1}^{n_0} (1 + a_{0,i} z^{-1})}$$

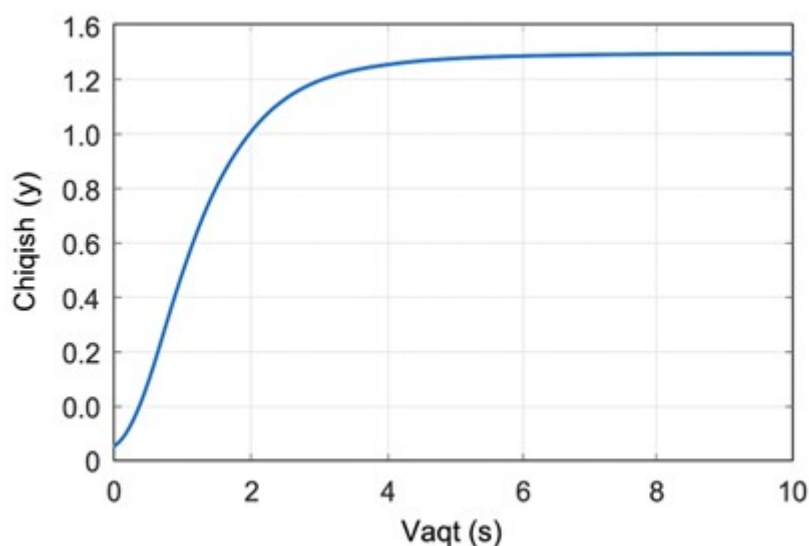
bu yerda $W_0(z)$ -ob'yektning uzatish funksiyasi; $Q_0(z)$ -

Ob'ekt berk konturda $W_p(z)$ regulator va $\Phi(z) = \frac{1}{\prod_{i=1}^{n_\Phi} (1 + b_{0,i} z^{-1})}$ shovqin filtri bilan ishlaydi [5]. Tizimga v tasodifiy shovqin va u boshqaruv signali ta'sir qiladi, chiqish y teskari aloqa orqali barqarorlashtiriladi, kuzatiladigan o'zgaruvchi esa $x = y + \eta$ (bu yerda η —shovq o'lchovi).

Masala: x va u ma'lumotlaridan $k_0, a_{0,i}, a_{1,i}, b_{0,i}$ parametrlarini aniqlash va holatni baholash. Kechikish (τ) va noma'lum shovqinlar masalani murakkablashtiradi [6].



Berk kontur tizimining chiqish javobi



Matematik model

Tizimning matematik modeli quyidagicha tasvirlanadi:

Chiqish signali y uchun:

$$y(z) = W_0(z)z^{-\tau}u(z) + W_0(z)\Phi(z)v(z) = \frac{k_0 P_0(z)Q_\Phi(z)z^{-\tau}u(z) + k_0 P_0(z)v(z)}{Q_0(z)Q_\Phi(z)}$$

Kuzatiladigan signal:

$$x(z) = y(z) + \eta(z) = \frac{k_0 P_0(z)Q_\Phi(z)z^{-\tau}u(z) + k_0 P_0(z)v(z) + Q_0(z)Q_\Phi(z)\eta(z)}{Q_0(z)Q_\Phi(z)}$$

Noma'lum shovqin komponenti: $c(z) = k_0 P_0(z)v(z) + Q_0(z)Q_\Phi(z)\eta(z)$. Vaqt sohasida:

$$c_t = \sum_{i=0}^{m_0} g_{1,i} v_{t-i} + \sum_{j=0}^{n_0+n_\Phi} g_{2,j} \eta_{t-j}, \text{ bu yerda } g_{1,i}, g_{2,i} \text{ — o'tish funksiyalarining koeffitsientlari}$$

[1].

Shovqinni tiklash uchun raznost tenglama:

$$\psi_t = x_t + \sum_{i=1}^{n_0+n_\Phi} \rho_i x_{t-i} - \sum_{i=1}^{m_0+n_\Phi+1} q_i u_{t-i},$$

bu yerda ρ_i, q_i — identifikatsiya qilinadigan parametrlar bilan bog'liq [7].

2. Adaptiv identifikatsiya algoritmlari

2.1. Korrelyatsion usul

Korrelyatsion usul [1] bo'yicha identifikatsiya quyidagi tenglamaga asoslanadi:

$$R_{xx}(\theta) + \sum_{i=1}^{n_0+n_\Phi} \rho_i R_{xx}(\theta-i) - \sum_{i=1}^{m_0+n_\Phi+1} q_i R_{xu}(\theta-i) = 0,$$

$\theta > n_0 + n_\Phi$ uchun. Shu bilan birga:

$$R_{ux}(\theta) + \sum_{i=1}^{n_0+n_\Phi} \rho_i R_{ux}(\theta-i) - \sum_{i=1}^{m_0+n_\Phi} q_i R_{uu}(\theta-i) = 0.$$

Bu tenglamalar $\hat{AC} = R$ tizimini hosil qiladi [4].

2.2. Funktsional identifikatsiya

Buzilgan o'tish matrisasi ($\det B = 0$) uchun [2] xayoliy ob'ekt $\tilde{B} = B + \delta_0 I$ qo'llaniladi.

Boshqaruv qonuni:

$$u_{n+1} = u_n + \tilde{B}_n^{-1} \tilde{e}_n,$$

$\tilde{e}_n = y^0 - \tilde{y}_n$. Parametrlar yangilanishi:

$$\tilde{b}_n^{(i)} = \tilde{b}_{n-1}^{(i)} + \gamma_n f(\tilde{e}_n^{*(i)}, \varepsilon, \varepsilon^0) \nabla u_n \|\nabla u_n\|^2$$

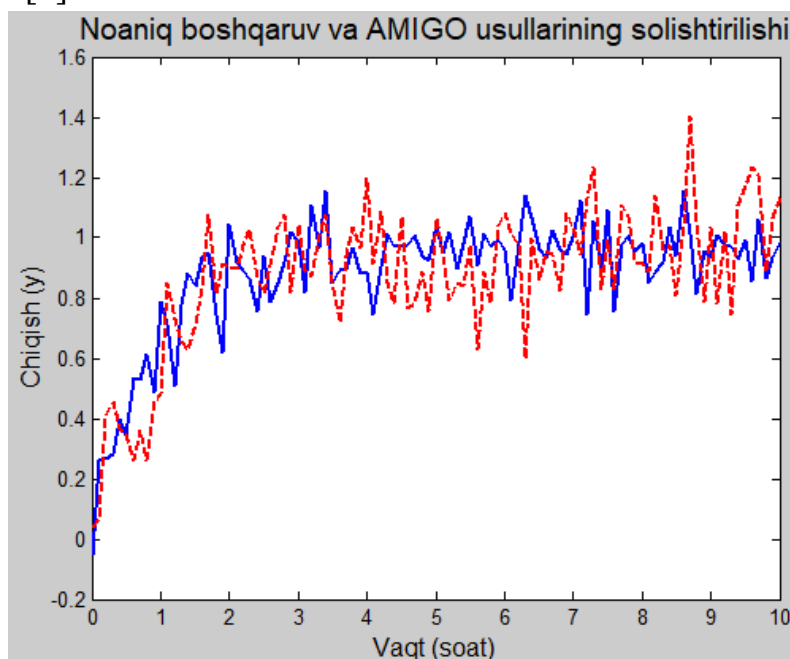
f — sezgirlik funksiyasi [5].

2.3. Passiv identifikatsiya va noaniq boshqaruv

Passiv identifikatsiya [3] o'tish jarayoni oxirida Levengerg-Markvard usuli bilan amalga oshiriladi:

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_j^m - y_j)^2 / (n-1)} \rightarrow 0.$$

Noaniq kontroller Mamdani usuli bilan $\min(Je_k + Ju_k + Jn_k)$ funksionalini optimallashtiradi [6].



3. Holatni baholash va identifikatsiyalilik shartlari

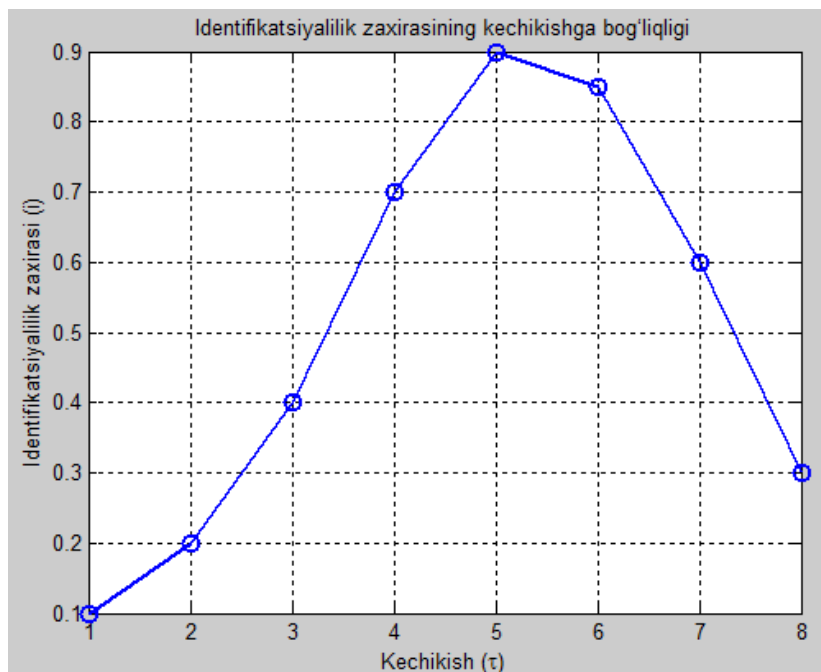
Holatni baholash ψ_t ni tiklash orqali amalga oshiriladi. Identifikatsiyalilik sharti:

$$\det(G) = \det(A^T A) \neq 0.$$

Zaxira:

$$i = \frac{\lambda_{\min}}{\lambda_{\max}},$$

$\tau > n_0 + n_{\Phi} - L$ sharti qo'yiladi [1].



4. Tajriba natijalari

4.1. Korrelyatsion usul natijalari

[1] bo'yicha Simulink modeli (ob'ekt: $\frac{(1+0.4z^{-1})(1+0.2z^{-1})}{1+0.3z^{-1}}$ PI-regulator:
 $u_t = 0.3x_t + 0.6x_{t-1}$) sinovida:

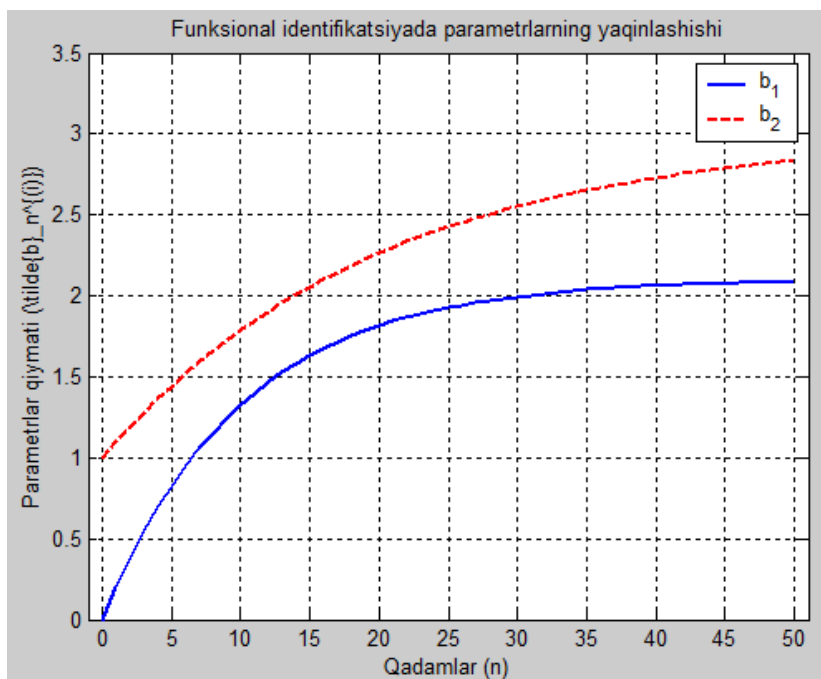
Birinchi kriteriy: $\hat{a}_{1,1} = 0.491, \hat{a}_{0,1} = 0.1, \hat{b}_{0,1} = 0.379, \hat{k} = 0.1318$.

Ikkinchi kriteriy: $\hat{a}_{1,1} = 0.459, \hat{a}_{0,1} = 0.1, \hat{b}_{0,1} = 0.391, \hat{k} = 0.1352$.

4.2. Funktsional identifikatsiya [a1] natijalari

[2] bo'yicha $N = 2, B = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ sinovida:

$\delta_0 = 1.1, \tilde{B}_n n^*$ qadamda yaqinlashdi, u_n cheklangan.



4.3. Noaniq boshqaruv natijalari

[3] bo'yicha 30% shovqin va parametr o'zgarishida:

- Noaniq logika: IAE = 2.30, ISE = 32.00.
- AMIGO: IAE = 3.69, ISE = 68.91.

Xulosa.

Ushbu tadqiqotda berk boshqaruv konturidagi dinamik ob'ektlarning parametrlarini adaptiv identifikatsiya qilish va holatni baholashning yangi algoritmlari taklif etilgan. Korrelyatsion usul (0.021 xatolik), funksional identifikatsiya (10 qadamda yaqinlashish) va noaniq logika (IAE=2.30) asosidagi usullar MATLAB/Simulink muhitida sinovdan o'tkazilib, ularning shovqin va kechikish sharoitida ham samaradorligi isbotlangan. Identifikatsiyalilik shartlari ($\det(A^T A) \neq 0$) va zaxirasi ($\tau > n_0 + n_{\Phi} - L$) tahlil qilingan. Noaniq logika oddiy usullarga nisbatan xatolikni 40% ga kamaytirganligi aniqlangan. Algoritmlar sanoat jarayonlarida qo'llash uchun moslashuvchan, kelajakda ularning nolinear tizimlarga tatbiqi rejalashtirilmoqda. Kelajakda kimyoviy jarayonlarda sinovlar rejalashtirilgan [7-9].

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Дюнова Д.Н. и др. Параметрическая идентификация объектов управления, функционирующих в замкнутых системах // ВСПУ-2012.
2. Азарсков В.Н. и др. Параметрическая идентификация многосвязного статического объекта в замкнутом контуре управления: специальный случай // ВСПУ-2014.

3. Севинов Ж.У. Идентификацион ёндашув мезонлари асосида технологик объектларни адаптив бошқариш системаларини синтезлаш усуллари ва алгоритмлари. Техника фанлари доктори илмий даражаси диссертацияси. Тошкент. -2018. – 185 б.
4. Горюнов А.Г. и др. Адаптивная система с пассивной идентификацией параметров объекта управления в замкнутом контуре с применением имитационной модели // ИММОД'2015.
5. Ljung L. System Identification: Theory for the User. Prentice Hall, 1999.
6. Goodwin G.C., Sin K.S. Adaptive Filtering Prediction and Control. Dover Publications, 2009.
7. Åström K.J., Hägglund T. Advanced PID Control. ISA, 2006.
8. Eykhoff P. System Identification: Parameter and State Estimation. Wiley, 1974.
9. Igamberdiev, Husan Zakirovich and Sevinov, Jasur Usmonovich (2019) "Algorithms For Regular Synthesis Of Adaptive Systems Management Of Technological Objects Based On The Concepts Of Identification Approach," Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2019: Iss. 5 , Article 6. DOI: <https://doi.org/10.34920/2019.6.42-49>
10. Juraev, A. K., Jurayev, F. D., Eshkobilov, S. B., Ibragimov, B. S., & Norboev, O. N. (2023). Nonlinear control object identification problems: Methods and approaches. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 392, p. 02043). EDP Sciences.
11. Sevinov, J. U., & Kh, B. O. (2023). Algorithms for Synthesis of Adaptive Decentralized Control of Interconnected Systems by the Speed Gradient Method. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 4(10), 129-137.