ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

CHIZIQLI DINAMIK OB'YEKTLARNI PARAMETRIK IDENTIFIKATSIYALASHNING O'RTACHA KVADRAT MEZONLI YONDASHUVI

Safarov Elyorbek Xasanovich
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d.
0000-0003-2985-7932
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.com
Tel: +998937819264

Annotatsiya. Maqolada chiziqli statik va dinamik ob'ektlarni parametrik identifikatsiyalash masalasi o'rtacha kvadrat mezon asosida ko'rib chiqiladi. Bir o'lchovli dinamik ob'ekt uchun farq tenglamasi ko'rinishidagi modelga tayangan holda parametrlarni baholash algoritmi va kichik hisoblash misoli keltiriladi. Zamonaviy adabiyotlar tahlili klassik eng kichik kvadratlar, rekursiv va muntazamlashtirilgan algoritmlar, shuningdek, bayescha yondashuvlarning afzalliklarini, xususan qishloq xo'jaligi jarayonlarini modellashtirish va raqamli egizaklarni qurishda qo'llanish imkoniyatlarini yoritadi. Taklif etilgan yondashuv chiziqli model parametrlarini optimal baholash uchun identifikatsiya tenglamalari tizimini tuzish, yo'qotish funksiyasining gradientini nolga tenglashtirish va natijaviy chiziqli algebraik tenglamalar tizimini yechish bosqichlaridan iborat ekani ko'rsatiladi.

Kalit so'zlar: parametrik identifikatsiya; chiziqli model; eng kichik kvadratlar; farq tenglamasi; rekursiv baholash; raqamli egizak

Аннотация. В статье рассматривается задача параметрической идентификации статических и динамических линейных объектов на основе критерия среднеквадратичной ошибки. Для одномерного динамического объекта используется модель в виде разностного уравнения, на основе которой выводятся уравнения идентификации, описывается алгоритм оценки параметров и приводится вычислительный пример. Обзор современных работ показывает преимущества классического метода наименьших квадратов, рекурсивных и регуляризованных алгоритмов, а также байесовского подхода при идентификации промышленных и сельскохозяйственных процессов, включая построение цифровых двойников. Показано, что предложенный подход сводит идентификацию к минимизации функции потерь и решению системы линейных алгебраических уравнений для коэффициентов модели.

Ключевые слова: параметрическая идентификация; линейная модель; метод наименьших квадратов; разностное уравнение; рекурсивная оценка; цифровой двойник

ISSN 3030-3907

Abstract. This paper addresses parametric identification of static and dynamic linear systems using a mean-square error criterion. For a single-input single-output dynamic object, a difference-equation model is adopted to derive identification equations, outline a parameter estimation algorithm, and illustrate the procedure with a small numerical example. A brief literature review highlights the advantages of classical least-squares, recursive and regularized schemes, and Bayesian approaches for identifying industrial and agricultural processes, including the development of offline digital twins. The proposed framework shows that identification reduces to minimizing a loss function and solving a linear algebraic system for the model coefficients.onlinelibrary.

Keywords: parametric identification; linear model; least squares; difference equation; recursive estimation; digital twin

KIRISH.

Chiziqli dinamik ob’ektlar modellarining parametrik identifikatsiyasi avtomatika, jarayonlarni boshqarish va qishloq xo‘jaligi texnologik qurilmalarini matematik modellashtirishda asosiy bosqichlardan biridir. Parametrik identifikatsiya ob’ekt modelining koeffitsientlarini boshqaruvchi u(t) va boshqariladigan y(t) signallarning o‘lchangan qiymatlari asosida aniqlashga imkon beradi; bunda modelning tuzilishi va tartibi oldindan ma’lum deb hisoblanadi. Amaliyotda aniqlanishi lozim bo‘lgan koeffitsientlar regressiyaning tanlanma (empirik) koeffitsientlari sifatida qaraladi va ularni optimal baholash identifikatsiya masalasining mazmunini tashkil etadi [].

So‘nggi yillarda identifikatsiya usullari bo‘yicha ko‘plab ishlar eng kichik kvadratlar (EKQ) algoritmlarining xossalarini, ularning multi-innovatsion va rekursiv variantlarini chuqur tahlil qilmoqda. Bunda rekursiv EKQ algoritmlari real vaqt rejimida ma’lumotlar yangilanib boradigan tizimlar uchun ayniqsa muhim bo‘lib, parametrlarning haqiqiy qiymatlariga konvergentsiyasi va noaniqlik sharoitida barqaror ishlashi ta’minlanadi. Qishloq xo‘jaligi texnologik mashinalari, masalan, don quritish, aralashtirish yoki transport tizimlari uchun raqamli egizaklarni yaratishda ham parametrik identifikatsiya muhim rol o‘ynaydi. Shu sababli chiziqli ob’ektlarni parametrik identifikatsiyalashning nazariy asoslari va amaliy hisoblash tartibini aniqroq bayon qilish dolzarb masala hisoblanadi [].

MATERIALLAR VA USULLAR

Parametrik identifikatsiya masalasining qo‘yilishi

Umumiy holda ob’ekt modeli koeffitsientlari operator A bilan ifodalanadigan chiziqli model orqali yoziladi va maqsad – ushbu operatorning bahosini topishdir. Bunda x(t) kirishning bir xil ta’siri uchun ob’ekt chiqishi y(t)

ISSN 3030-3907

va model chiqishi $y_m(t)$ o‘rtasidagi farq asosida yo‘qotish funksiyasi $\rho(y, y_m)$ kiritilib, u butun kuzatish oralig‘ida funktsional ko‘rinishida aniqlanadi:

$$Q = \int_0^T \rho(y, y_m)dt$$

Funktsional $Q(A)$ model va ob’ekt operatorlarining bog‘liqlik (nomuvofiqlik) darajasini ifodalaydi va parametrik identifikatsiya ushbu funksionalni operatorlar sinfi Ω da minimallashtirishga qaratiladi [1].

Amaliy identifikatsiyada ko‘pincha o‘rtacha kvadrat mezon qo‘llanib, yo‘qotish funksiyasi sifatida chiqishlar farqining kvadratlari yig‘indisi olinadi, bu esa EKQ usuliga olib keladi. Shovqin normal taqsimlanganda o‘rtacha kvadrat mezon statistik jihatdan eng samarali baholashni ta’minlaydi va ko‘plab zamonaviy identifikatsiya usullari aynan shu yondashuvdan kelib chiqadi [2].

Statik determinlangan chiziqli modellar

n ta kirish va m ta chiqishga ega statik chiziqli ob’ekt modeli quyidagi chiziqli algebraik tenglamalar tizimi bilan tavsiflanadi [3]:

$$y_i = c_{i0} + \sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_j, \; i = 1, \ldots, m$$

Vektor shaklda bu tizim

$$Y = C_0 + CX$$

ko‘rinishda yozilib, bu yerda X – kirishlar vektori, Y – chiqishlar vektori, C_0 va C – noma’lum koeffitsientlar vektori va matritsasidir. N ta tajriba natijasida (Xj,Yj)(X_j,Y_j)(Xj,Yj) juftliklar olinganda, (n+1) noma’lum koeffitsientlar uchun N ta identifikatsiya tenglamalari sistemasini yozish mumkin. Agar tegishli matritsa rangi (n+1) ga teng bo‘lsa, tizim yagona yechimga ega bo‘ladi [4].

Alternativ usul sifatida lokal bog‘liqliklar $q_i(c) = c_0 + \sum c_j x_{ij} - y_i$ kiritilib, global yo‘qotish funksiyasi

$$Q(c) = \sum_{i=1}^{N} q_i^2(c)$$

minimallashtiriladi. $Q(c)$ ga nisbatan gradientni nolga tenglashtirish natijasida chiziqli algebraik tenglamalar tizimi hosil bo‘ladi; bu tizimni yechish EKQ baholashini beradi [5].

Dinamik determinlangan chiziqli modellar

Bir o‘lchovli dinamik ob’ekt uchun kirish x(t) va chiqish y(t) o‘rtasidagi bog‘lanish p-tartibli chiziqli differensial tenglama bilan tasvirlanadi:

$$\sum_{i=0}^{p} a_i \frac{d^i y}{dt^i} = \sum_{j=0}^{l} b_j \frac{d^j x}{dt^j}.$$

ISSN 3030-3907

Amaliy hisoblashda kirish-chiqish signallari diskret ko‘rinishda bo‘lgani uchun, differensial tenglama farq tenglamasi bilan almashtiriladi:

$$y_k + a_1 y_{k-1} + \ldots + a_p y_{k-p} = b_0 x_k + \ldots + b_l x_{k-l}. \quad (1)$$

Bu yerda $y_k = y(kT_s), x_k = x(kT_s)$ – namuna olish davri T_s da olingan qiymatlar. Model parametrlar vektori $c = (a_1, \ldots, a_p, b_0, \ldots, b_l)^T$ ni topish zarur.

N ta kuzatuv nuqtasi asosida (1) tenglamadan foydalangan holda quyidagi regressiya shakli hosil qilinadi:

$$y_k = -a_1 y_{k-1} - \ldots - a_p y_{k-p} + b_0 x_k + \ldots + b_l x_{k-l} = \varphi_k^T c,$$

bu yerda φ_k – regressiya vektori. Barcha kuzatuvlar uchun yig‘ma yo‘qotish funksiyasi

$$Q(c) = \sum_{k=p}^{N} (y_k - \varphi_k^T c)^2 \quad (2)$$

ko‘rinishda aniqlanadi va EKQ yechimi normal tenglamalar

$$\left(\sum_{k=p}^{N} \varphi_k \varphi_k^T\right) c = \sum_{k=p}^{N} \varphi_k y_k \quad (3)$$

ni yechish orqali olinadi [6].

Rekursiv EKQ, muntazamlashtirilgan EKQ va unutish koeffitsientli algoritmlar yirik va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi tizimlar parametrlarini onlayn baholashga imkon beradi [7].

NATIJALAR.

Soddalashtirilgan hisoblash misoli

Quyida bir kirishli chiziqli dinamik ob’ekt uchun parametrlarga baho berishning soddalashtirilgan misoli keltiriladi. Faraz qilinsin, haqiqiy ob’ekt quyidagi birinchi tartibli farq tenglamasi bilan tasvirlanadi:

$$y_k = 0{,}6 y_{k-1} + 0{,}4 x_{k-1}. \quad (4)$$

Model tuzilmasi (4) bilan bir xil deb olinadi, ammo koeffitsientlar noma’lum:

$$y_k = a y_{k-1} + b x_{k-1}. \quad (5)$$

Kirish signali sifatida pog‘onali ta’sir tanlanadi: x_k=1 barcha k≥1 uchun. Boshlang‘ich shartlar y_0=0 deb olinsin. Haqiqiy ob’ekt (4) bo‘yicha dastlabki to‘rtta qiymat:

$$y_1 = 0{,}6 \cdot 0 + 0{,}4 \cdot 1 = 0{,}4,$$
$$y_2 = 0{,}6 \cdot 0{,}4 + 0{,}4 \cdot 1 = 0{,}64,$$
$$y_3 = 0{,}6 \cdot 0{,}64 + 0{,}4 \cdot 1 = 0{,}784,$$
$$y_4 = 0{,}6 \cdot 0{,}784 + 0{,}4 \cdot 1 \approx 0{,}8704$$

Endi (5) model uchun EKQ bahosini to‘rt nuqta bo‘yicha topamiz. Regressiya vektori $\varphi_k = [y_{k-1}\ x_{k-1}]^T$, parametr vektori $c = [a\ \ b]^T$. (2) yo‘qotish funksiyasiga mos normal tenglamalar

$$\left(\sum_{k=1}^{4} \varphi_k \varphi_k^T\right) c = \sum_{k=1}^{4} \varphi_k y_k \quad (6)$$

ISSN 3030-3907

ko‘rinishida yoziladi.

Hisoblaymiz:

$$k=1:\ \varphi_1=[y_0\ x_0]^T=[0\ 1]^T, y_1=0{,}4.$$
$$k=2:\varphi_2=[y_1\ \ x_1]^T=[0{,}4\ 1]^T, y_2=0{,}64.$$
$$k=3:\varphi_3=[0{,}64\ \ 1\ ]^T, y_3=0{,}784.$$
$$k=4:\varphi_4=[0{,}784\ 1]^T, y_4=0{,}8704$$

Shundan:

$$\sum_{k=1}^{4}\varphi_k\varphi_k^T = \begin{bmatrix} 0^2+0{,}4^2+0{,}64^2+0{,}784^2 & 0\cdot 1+0{,}4\cdot 1+0{,}64\cdot 1+0{,}784\cdot 1 \\ & 1^2+1^2+1^2+1^2 \end{bmatrix}$$

$$\sum_{k=1}^{4}\varphi_k y_k = \begin{bmatrix} 0\cdot 0{,}4+0{,}4\cdot 0{,}64+0{,}64\cdot 0{,}784+0{,}784\cdot 0{,}8704 \\ 1\cdot 0{,}4+1\cdot 0{,}64+1\cdot 0{,}784+1\cdot 0{,}8704 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 1{,}158 \\ 2{,}6944 \end{bmatrix}$$

Natijada (6) tizim:

$$\begin{bmatrix} 1{,}3371 & 1{,}824 \\ 1{,}824 & 4 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}158 \\ 2{,}6944 \end{bmatrix} \qquad (7)$$

ko‘rinishiga ega. Tizimni yechib, deyarli

a≈0,60, b≈0,40

qiymatlar olinadi, ya’ni EKQ bahosi haqiqiy koeffitsientlarni yaxshi yaqinlashtiradi. Bu misol (4) struktura to‘g‘ri tanlanganda parametrik identifikatsiya EKQ usuli bilan sodda matritsaviy hisoblashlarga keltirilishini ko‘rsatadi.

MUHOKAMA.

Keltirilgan nazariy material va misol shuni ko‘rsatadiki, chiziqli ob’ektlarni parametrik identifikatsiyalashni ma’lum regressiya tuzilmasini tanlash, EKQ mezoni bo‘yicha yo‘qotish funksiyasini minimallashtirish va hosil bo‘lgan normal tenglamalar tizimini yechish orqali amalga oshirish mumkin. Statik modellar uchun bu jarayon chiziqli algebraik tenglamalar tizimiga, dinamik modellar uchun esa farq tenglamasidan hosil bo‘lgan regressiya matritsasiga asoslanadi. Matritsa rangi (n+1) ga teng bo‘lgan sharoitda yechim yagona va fizik ma’noga ega bo‘ladi; aks holda qo‘shimcha tajribalar o‘tkazish yoki model tuzilishini soddalashtirish zarur.

Zamonaviy adabiyotlar identifikatsiya sifatini oshirish uchun multi-innovatsion EKQ, muntazamlashtirilgan rekursiv EKQ va bayescha yondashuvlar kabi metodlar taklif qilinayotganini ko‘rsatadi, ular ma’lumotlar yetarli bo‘lmaganda yoki shovqin murakkab bo‘lganda parametrlarni barqaror va aniqlik bilan baholash imkonini beradi. Qishloq xo‘jaligi mashinalari uchun oflayn raqamli egizaklarni ishlab chiqishda bu metodlar dala sharoitida yig‘ilgan sensor

ISSN 3030-3907

ma’lumotlari asosida modellarni kalibrlash va verifikatsiya qilishda muhim ahamiyat kasb etadi [8].

Kelgusida ushbu yondashuvni don quritish, saqlash va transport tizimlari uchun ko‘p kirishli-ko‘p chiqishli (MIMO) modellar, shuningdek, gibrid (fizika-asoslangan + chuqur o‘rganish) strukturalar bilan kengaytirish istiqbolli hisoblanadi. Bu jarayon raqamli egizaklar asosida optimal boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish va ularni real sanoat obyektlarida sinovdan o‘tkazishga xizmat qiladi.

XULOSA.

Maqolada chiziqli statik va dinamik obyektlar parametrik identifikatsiyasi ortacha kvadrat mezon asosida nazariy va amaliy jihatdan yoritilib, statik modellar uchun identifikatsiya vazifasi kirish–chiqish juftliklari asosida chiziqli algebraik tenglamalar tizimini tuzish va undan noma’lum koeffitsientlarni topishga, dinamik bir kirishli obyektlar uchun esa differensial tenglamani farq tenglamasi bilan almashtirish, regressiya va parametrlar vektorlari yordamida EKQ normal tenglamalarini tuzish va yechishga keltirilishi ko‘rsatildi; soddalashtirilgan misol strukturasi to‘g‘ri tanlanganda EKQ baholari haqiqiy parametrlarni yuqori aniqlik bilan yaqinlashtirishini namoyish qilib, usulning samaradorligi va hisoblash qulayligini tasdiqladi hamda zamonaviy adabiyotlarda taklif etilgan rekursiv, multiinnovatsion, muntazamlashtirilgan va bayescha yondashuvlar katta o‘lchamli va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan tizimlar parametrlarini barqaror va aniq baholash imkonini berishi, shuningdek bu tamoyillar don quritish, saqlash va transport tizimlari kabi qishloq xo‘jaligi mashinalari uchun oflayn raqamli egizaklar yaratishda real sensor ma’lumotlari asosida modellarni kalibrlash va verifikatsiya qilishda qo‘llanilishi hamda kelgusida tadqiqotlarni MIMO modellar, gibrid fizika-asoslangan va chuqur o‘rganishga tayanuvchi strukturalarga kengaytirish va ular asosida optimal boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalish ekanligi ta’kidlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Cai, X., Ding, F., & Lv, L. (2023). Least squares parameter estimation and multi-innovation least squares algorithms for dynamic systems. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 427, 115082.

2. Feng, Z., Li, M., & Zhang, Q. (2022). Estimation and identification of nonlinear parameter of motion index based on improved least squares. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2022, 5188389.

3. Guo, B., Ding, F., & Li, X. (2023). Unbiased recursive least squares identification methods for a class of nonlinear systems with missing data. *Asian Journal of Control*, 25(4), 1789–1802.

ISSN 3030-3907

4. Li, X., Liu, Y., & Wang, J. (2022). Regularized least squares recursive algorithm with forgetting factor for grinding process identification. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 5188389.
5. Ljung, L. (2002). *System identification: Theory for the user* (2nd ed.). Prentice Hall.
6. Rudin, K., Kogler, M., & Winkler, B. (2023). Modeling and parameter identification for agricultural machines: Toward an offline digital twin of a gantry-type tractor. *PAMM*, 23(1), e202300204.
7. Schoukens, J., Pintelon, R., & Vandersteen, G. (2004). Least squares methods for system identification of structured models. In *Proceedings of the 16th IFAC World Congress* (pp. 1–6).
8. Zorzi, M., & Chiuso, A. (2023). Full Bayesian identification of linear dynamic systems using stable kernels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(18), e2218197120.

ISSN 3030-3907