ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 5

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

GIBRID ENERGIYA TIZIMINI MODELLASHTIRISH VA BOSHQARUV ALGORITMLARI TAHLILI

Abdullayev Husniddin Husen o‘g‘li
O‘zbekiston milliy metrologiya instituti doktoranti (Dsc), dotsenti, texnika fanlar bo‘yicha falsafa doktori(PhD)
Abdullayev Shavkiddin Ubaydullayevich
Renessans ta’lim universiteti Matematika va tabiiy fanlar kafedrasi dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi.
E-mail: shavqiddin72@icloud.com
ORCID: 0009-0002-3939-3641
Nasullayev Rahmatjon Rafiq o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Maqolada gibrid elektr energiya tizimini modellashtirish va boshqaruv algoritmlarini tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Gibrid tizim tarkibidagi quyosh panellari, shamol generatorlari, dizel generator va akkumulyatorlarning o‘zaro bog‘liqligi hamda ularning ishlash jarayonidagi noaniqliklar an’anaviy boshqaruv usullarida muammolar keltirib chiqaradi. Shu sababli, maqolada energiya manbalari va yuklama o‘rtasidagi noaniq bog‘liqliklarni hisobga oluvchi sun’iy intellektga asoslangan boshqaruv modeli taklif etilgan. Ushbu model energiya taqsimotini optimallashtirish, tizim barqarorligini oshirish va energiya samaradorligini yaxshilashga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: gibrid energiya tizimi, sun’iy intellekt, modellashtirish, boshqaruv algoritmlari, qayta tiklanuvchi energiya, energiya taqsimoti, Arduino, fuzzy mantiq, energetik samaradorlik.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы моделирования гибридной энергетической системы и анализа алгоритмов управления. Взаимодействие солнечных панелей, ветровых генераторов, дизельного генератора и аккумуляторов в составе гибридной системы, а также неопределенность их рабочих параметров создают трудности при использовании традиционных методов управления. В связи с этим предложена модель управления на основе искусственного интеллекта, учитывающая неопределенные взаимосвязи между источниками энергии и нагрузкой. Данная модель направлена на оптимизацию распределения энергии, повышение устойчивости системы и улучшение энергетической эффективности.

Ключевые слова: гибридная энергетическая система, искусственный интеллект, моделирование, алгоритмы управления, возобновляемая энергия, распределение энергии, Arduino, нечеткая логика, энергетическая эффективность.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article discusses the modeling of hybrid energy systems and the analysis of control algorithms. The interaction of solar panels, wind turbines, diesel generators, and batteries, along with the uncertainty of their operating parameters, makes traditional control methods less effective. Therefore, an artificial intelligence-based control model is proposed, which considers uncertain relationships between energy sources and load. The proposed model aims to optimize energy distribution, improve system stability, and enhance energy efficiency.

Keywords: hybrid energy system, artificial intelligence, modeling, control algorithms, renewable energy, energy distribution, Arduino, fuzzy logic, energy efficiency**.**

KIRISH.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish va energiya tizimlarini avtomatlashtirish bugungi kunda dolzarb ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, gibrid elektr energiya tizimlarida quyosh, shamol va boshqa energiya manbalarining birgalikda ishlashi jarayonida yuzaga keladigan noaniqliklar an’anaviy boshqaruv usullari yordamida samarali hal etilmaydi.

Gibrid energiya tizimlarining ishlash jarayoni ko‘plab tashqi va ichki omillarga bog‘liq bo‘lib, bu jarayonlar murakkab, dinamik va nochiziqli xarakterga ega. Shu sababli, tizimni modellashtirish va boshqarishda sun’iy intellekt usullaridan, xususan neyron tarmoqlar va noravshan mantiqdan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Neyro-noravshan modellar murakkab jarayonlarni tavsiflashda yuqori aniqlik va moslashuvchanlikka ega bo‘lib, ular boshqaruv tizimlarida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu yondashuv yordamida tizim parametrlarining noaniqligi hisobga olinadi va optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyati yaratiladi. Shuningdek, bashoratlovchi boshqaruv tizimlari energiya tizimlarining kelajakdagi holatini oldindan aniqlash va optimal boshqaruv signallarini shakllantirish imkonini beradi. Bunda neyron tarmoqlar va fuzzy mantiqqa asoslangan modellar yuqori samaradorlik ko‘rsatadi.

Shu sababli, gibrid energiya tizimlarini modellashtirish va boshqaruv algoritmlarini takomillashtirish, ayniqsa neyro-noravshan yondashuv asosida, dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

ISHDAN MAQSAD. Mazkur ishning maqsadi gibrid elektr energiya tizimlarini modellashtirish va boshqarishda energiya manbalari va yuklama o‘rtasidagi noaniqliklarni hisobga oluvchi neyro-noravshan modelga asoslangan boshqaruv algoritmini ishlab chiqish va uning samaradorligini baholashdaniborat.Shuningdek, ishlab chiqilgan model yordamida energiya

ISSN 3030-3907

taqsimotini optimallashtirish, tizim barqarorligini oshirish va real vaqt rejimida samarali boshqaruvni ta’minlash ko‘zda tutiladi.

MATERIALLAR VA USULLAR. Gibrid elektr energiya tizimini modellashtirish va boshqarish jarayonida quyosh panellari, shamol generatorlari, dizel generator va akkumulyatorlardan tashkil topgan tizim ko‘rib chiqildi. Tizimning ishlash jarayonida yuzaga keladigan noaniqliklar, parametrlarning o‘zgaruvchanligi va nochiziqli bog‘liqliklar an’anaviy matematik modellar yordamida aniq tavsiflab bo‘lmasligi sababli, neyro-noravshan yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqotda sun’iy intellektning ikki asosiy yo‘nalishi — neyron tarmoqlar va noravshan mantiq birlashtirilib, gibrid neyro-noravshan model ishlab chiqildi. Ushbu model Takagi–Sugeno xulosalash mexanizmiga asoslangan bo‘lib, kirish parametrlarining noaniqligini hisobga olgan holda chiqish signallarini aniqlash imkonini beradi.

Modelda kirish parametrlar sifatida energiya manbalarining asosiy ko‘rsatkichlari (quyosh nurlanishi, shamol tezligi, yuklama darajasi va akkumulyator holati) qabul qilindi. Ushbu parametrlar fuzzifikatsiya jarayonidan o‘tkazilib, lingvistik o‘zgaruvchilar ko‘rinishida ifodalandi. Noravshan qoidalar bazasi mutaxassis bilimlari asosida shakllantirildi.

Neyro-noravshan modelning tuzilishi ko‘p qatlamli neyron tarmoq asosida tashkil etilib, quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

- kirish signallarini qabul qilish;
- noravshanlashtirish (fuzzifikatsiya);
- noravshan qoidalar asosida xulosalash;
- chiqish signallarini aniqlash (defuzzifikatsiya).

Modelni o‘qitishda gradient usullari, xususan xatolarni orqaga tarqatish (backpropagation) algoritmidan foydalanildi. Shu bilan birga, optimallashtirish jarayonida hisoblash yuklamasini kamaytirish va modelni real vaqt rejimida qo‘llash imkonini beruvchi yondashuvlar qo‘llanildi.

Tadqiqot natijalarini olish uchun MATLAB/Simulink muhitida modellashtirish ishlari olib borildi va ishlab chiqilgan model an’anaviy boshqaruv usullari bilan solishtirildi.

NATIJALAR VA XULOSA. Tadqiqot jarayonida gibrid elektr energiya tizimini boshqarish uchun neyro-noravshan model ishlab chiqildi va MATLAB/Simulink muhitida sinovdan o‘tkazildi. Model quyosh panellari, shamol generatorlari, dizel generator hamda akkumulyator batareyasining o‘zaro bog‘liqligini hisobga olgan holda energiya taqsimotini boshqarishga moslashtirildi.

Modellashtirish natijalariga ko‘ra, ishlab chiqilgan boshqaruv algoritmi energiya manbalari o‘rtasida yuklamani optimal taqsimlash imkonini berdi.

ISSN 3030-3907

Quyosh va shamol energiyasi yetarli bo‘lgan holatlarda dizel generatorning ishga tushish vaqti kamaydi, bu esa yoqilg‘i sarfini qisqartirishga xizmat qildi. Akkumulyator batareyasining zaryad va razryad jarayonlari muvozanatli boshqarildi hamda uning xizmat muddati uzaytirildi.Tizimning o‘zgaruvchan yuklama sharoitida ishlashi tahlil qilinganda, neyro-noravshan model an’anaviy boshqaruv usullariga nisbatan tezkor va barqaror natijalar ko‘rsatdi. Kirish parametrlaridagi noaniqliklar hisobga olingani sababli boshqaruv sifati yaxshilandi va energiya yo‘qotishlari kamaydi.

Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

- gibrid energiya tizimlarini boshqarishda neyro-noravshan model samarali hisoblanadi;
- energiya manbalari o‘rtasida quvvat taqsimoti optimallashtiriladi;
- dizel generatorning ishlash vaqti qisqaradi;
- akkumulyator batareyasidan foydalanish samaradorligi oshadi;
- tizimning barqarorligi va ishonchliligi ortadi.

Shunday qilib, taklif etilgan boshqaruv algoritmi gibrid elektr energiya tizimlarini avtomatlashtirish va energiya samaradorligini oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

Modelning birinchi kirish qatlami parametrik bo‘lmagan bo‘lib, kirish signallarini taqsimlanishini aks ettiradi va $x(k)$ vektor bilan tavsiflanadi:

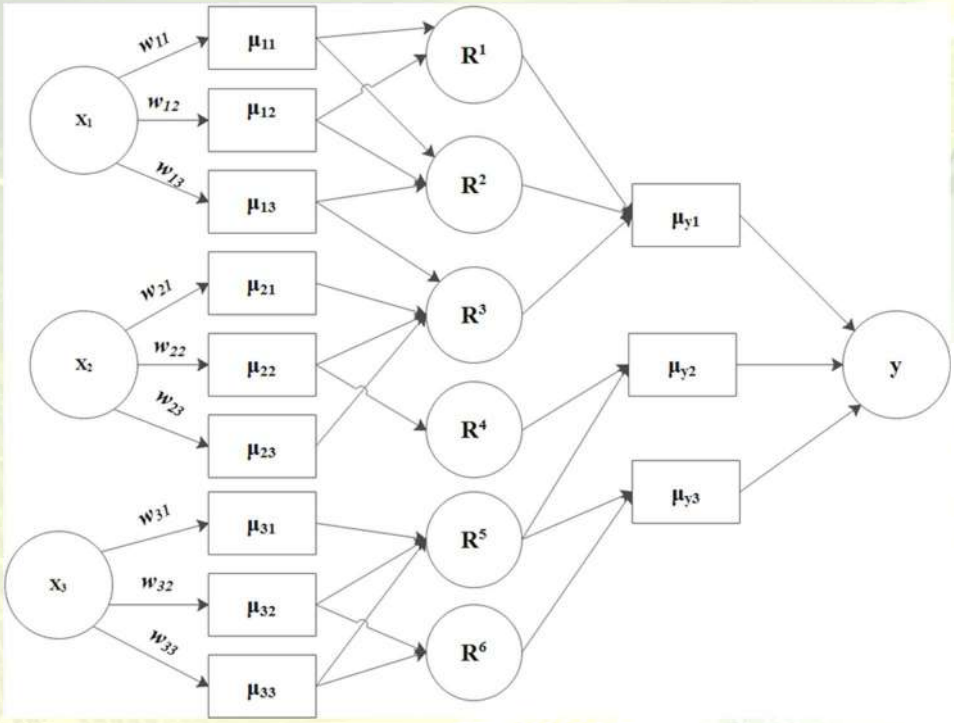
$$x(k) = y = f_y(x_1, x_2, x_3) \qquad (1)$$

Yukoridagi (1) ifoda ob'ekt pi boshqaruv qiymatlari sonini va n_y chiqishidagi kiymatlar sonini o‘z ichiga oladi. x(κ) vektorga kiritilgan $p = 1, \ldots, P$ qiymatlari (ya'ni kirish soni) modellashtirish ob'ektining asosiy tarkibida aniqlanadi. Vektor elementlari soni ko‘pligi aniqroq modellashtirishga olib keladi, ammo noravshan qoidalar va o‘qitish parametrlari soni ortib borishi bilan xisoblash tartibini xam murakkablashtiradi.

Bashoratlovchi modelning ikkinchi qatlami parametrik bulib, u kuyidagi munosabatlar bilan tavsiflangan Gauss funksiyalari yordamida chaplash operasiyasini bajaradi:

$$\mu_{Xp,m}^{(n)} = exp\frac{-(x_p - c_{Xp,m})^2}{2\sigma_{Xp,m}^2} \qquad (2)$$

ISSN 3030-3907



1-rasm. Tadqiqot ob'ekti gibrid modelining neyro-noravshan tuzilishi

bu erda $\mu_{p1} \ldots . \mu_{pm}$ - kirish uzgaruvchisini xr noravshan to‘plamga ko‘sh darajalari, $c_{Xp,m}$ va $\sigma_{Xp,m}$ - aloxida to‘plamlarning markazi va kengligi.

Uchinchi qatlamda noravshan mantiqiy qoidalardan kelib chiqqan holda, ularning A' soni neyro-noravshan modeli p ning soni va ularga keladigan noravshan to‘plamlar soni $m = 1 \ldots ., M$ funksiyasidir va ularni quyidagi shaklda xosil bulgan tr kombinasiyasi bilan hisoblanadi.

$$R : agar x_1 = \tilde{X}_1 va\ x_2 = \tilde{X}_2 va\ x_p = \tilde{X}_p,$$

U holda

$$f_y = \tilde{b}_0^{(N)} \qquad (3)$$

bu erda $\tilde{X}_p,\ f_y,\ p = 1, \ldots \ldots . P$ -noravshan to‘plamlarni bildiradi, f_y Sugeno funksiyasi, b_0 - erkin xad bulib, shovqin filtri rolini bajaradi.

Modelning so‘nggi ikki qatlami parametrsiz bo‘lib, chiqishda chaplash mexanizmini tashkil kiladi. Turtinchi katlamda implikasiya operasiyasi o‘rtacha og‘irlik yordamida amalga oshiriladi:

$$\mu_{yq} = \mu_{x1,m} * \mu_{x2,m} * \ldots . * \mu_{xp,m} \qquad (4)$$

Neyron tarmogining beshinchi qatlamida kuyidagi ifoda yordamida chiqadigan kattalikning qiymatini aniqlash to‘g‘risida Karor kabul kilinadi:

$$\hat{y}_M = \frac{\sum_{i=1}^{q} f_y^{(i)} \mu_y^i}{\sum_{i=1}^{q} \mu_y^i} \qquad (5)$$

(5) ifoda -q faollashtirilgan koidalarga ega bo‘lgan diskret ko‘rinishdagi ob'ektning bashorat qilinuvchi chiqishini bildiradi.

Boshqaruv samaradorligini aniqlash uchun cheklovlarga ega bo‘lmagan

ISSN 3030-3907

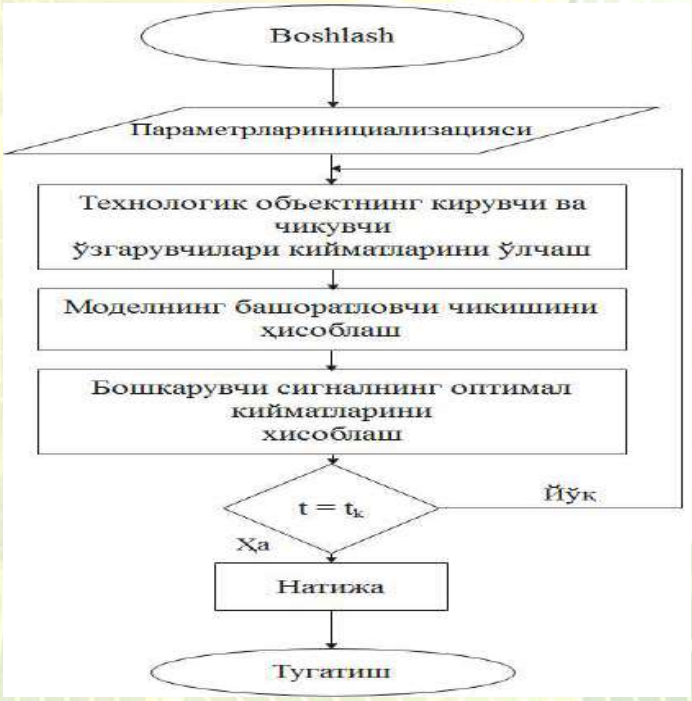
optimallikning maqsad mezonidan foydalanilgan [70; 248 b., 84; 2-24 b.] .

$$\hat{E}(i) = r(i) - \hat{y}(i), i = N_1, N_1 + 1, .. N_p.$$

Neyro -noravshan bashoratlovchi regulyatorning harakatlar ketma ketligini aks ettiruvchi algoritmi 2 -rasmda keltirilgan.

Ta'riflangan umumlashtirilgan neyro - noravshan bashoratlovchi regulyator to‘rtta kirishga ega va ularning har biri Gauss funksiyalarining uchta to‘plami yordamida chaplash operasiyasiga uchraydi. Uning asosiy kamchiliklaridan biri bu bashoratlovchi model bilan ishlaydigan noravshan qoidalarning ko‘pligidir. Ushbu qoidalarning soni $N = m^p$ ifodadan aniqlanadi . Shuning uchun , bizning xolatimizda , koidalar soni 81 ga teng.

Demak, ushbu modelni o‘qitish davomida modelni real vakt rejimida ishlashga, ayniqsa, tez o‘zgaruvchan dinamik xususiyatlarga ega jarayonlarga deyarli yaroksiz kiladigan parametrlarning ko‘pligi mavjud.



2-rasm . Neyro-noravshan bashoratlovchi regulyator algoritmi

XULOSA. Mazkur maqolada gibrid elektr energiya tizimini modellashtirish va boshqaruv algoritmlarini tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqildi. Gibrid tizim tarkibidagi quyosh panellari, shamol generatorlari, dizel generator hamda akkumulyator batareyalarining o‘zaro bog‘liqligi va ishlash jarayonidagi noaniqliklar tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida gibrid energiya tizimini boshqarish uchun neyro-noravshan model taklif etildi. Ushbu model energiya manbalari o‘rtasida quvvatni optimal taqsimlash, yuklama o‘zgarishlariga moslashish hamda tizimning barqaror ishlashini ta’minlash imkonini berdi.Shuningdek, modellashtirish natijalari sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv algoritmlari an’anaviy boshqaruv usullariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatdi. Energiya yo‘qotishlari kamaydi, dizel generatorning ishlash vaqti qisqardi hamda akkumulyator batareyasidan foydalanish samaradorligi oshdi.

Shu sababli, gibrid elektr energiya tizimlarini neyro-noravshan modellar asosida boshqarish zamonaviy energetika tizimlarida istiqbolli yo‘nalishlardan biri bo‘lib, kelgusida real amaliy tizimlarda qo‘llash uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga oid qarorlari va farmonlari. Toshkent, 2019–2024.
2. Mirziyoyev Sh.M. Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi. – Toshkent: O‘zbekiston, 2022.
3. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. – New York: Pearson Education, 2009.
4. Jang J.S.R., Sun C.T., Mizutani E. Neuro-Fuzzy and Soft Computing. – New Jersey: Prentice Hall, 1997.
5. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353.
6. Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. – London: Wiley, 2010.
7. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016.
9. Kothari D.P., Nagrath I.J. Modern Power System Analysis. – New Delhi: McGraw Hill, 2011.
10. Rashid M.H. Power Electronics: Circuits, Devices and Applications. – London: Pearson, 2014.
11. MATLAB Simulink User Guide. MathWorks Inc., 2023.
12. Arduino Project Handbook. – San Francisco: No Starch Press, 2017.
13. Bollen M.H.J. Understanding Power Quality Problems. – New York: IEEE Press, 2000.
14. Gupta R., Singh B. Hybrid Renewable Energy Systems: Design and Control. // Renewable Energy Journal, 2021.
15. Karimov A.A., Xasanov B.R. Gibrid energiya tizimlarini boshqarishda sun’iy intellekt usullaridan foydalanish // Texnika fanlari axborotnomasi. – Toshkent, 2023.
16. Abdullayev J.J., Rahimov S.T. Quyosh va shamol energiyasi asosidagi gibrid tizimlarni modellashtirish // Energetika muammolari jurnali. – Toshkent, 2022.

ISSN 3030-3907

17. Li J., Wang P. Intelligent Control of Hybrid Energy Systems // Energy Reports. – 2020.
18. Chen X., Zhao Y. Neuro-Fuzzy Modeling for Renewable Energy Applications // Applied Energy. – 2021.
19. IEEE Standards for Smart Grid and Renewable Energy Systems. – IEEE, 2022.
20. Internet manbalari: www.iea.org, www.sciencedirect.com, www.ieee.org, www.mathworks.com.

ISSN 3030-3907