ISNN 3030-3907

2026/2
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/2 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

НЕЙРО-НЕЧЕТКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ

И.Х. Сиддиков.,
Профессор, ***Ташкентский государственный технический университет имени И.Каримова***
Г.Р. Алимова.,
Доцент, ***Ташкентский государственный технический университет имени И.Каримова***
Н.Р. Усмоналиева,
Магистрант, ***Ташкентский государственный технический университет имени И.Каримова***
К.М.Абдусатторова
Магистрант, ***Ташкентский государственный технический университет имени И.Каримова***

Аннотация. Приведены результаты исследования свойств система автоматического регулирования с пропорционально-интегрально-дифференциальном-регулятором с адаптацией. Отличительная особенность адаптации заключается в том, что в процессе работы системы параметры регулятора не меняются и соответствуют настройке, предшествующей запуску системы. При этом в зависимости от изменения параметров объекта управления, меняется коэффициент передачи регулятора который происходят только в тех случаях, когда качества система автоматического регулирования становится неудовлетворительным вследствие изменения свойств объекта управления или из-за воздействия на объект управления возмущений. Для настройки параметров пропорционально-интегрально-дифференциального-регулятора предложен двухслой- ная искусственная нейронная сеть, отличающиеся простотой реализации на микроконтроллерах. Осуществлен сравнительный анализ полученных результатов путем проведения имитационного эксперимента на среде «MATLAB». Результаты исследования система автоматического регулирования с нейро-нечетким регулятором показали данный регулятор позволяет значительно улучшить качество технологическими параметрами объекта.

Ключевые слова: система автоматического регулирования, адаптивный Proportional–integral–derivative controller (ПИД-регулятор), нейро-нечеткий регулятор, искусственная нейронная сеть, двухслойная нейронная сеть, механизм адаптации, коэффициент передачи, качество управления,

ISSN 3030-3907

технологические параметры, имитационное моделирование, среда MATLAB, реализация на микроконтроллерах.

Annotatsiya. Avtomatik rostlash tizimining moslashuvchan Proportional–integral–derivative controller (PID-regulyator) bilan jihozlangan holati bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Mazkur moslashuv mexanizmining o‘ziga xos xususiyati shundan iboratki, tizim ishlash jarayonida regulyatorning asosiy parametrlarini (proportsional, integral va differensial koeffitsiyentlar) o‘zgartirmaydi hamda ular ishga tushirishdan oldingi sozlash qiymatlariga mos holda saqlanadi. Shu bilan birga, boshqarilayotgan obyekt parametrlarining o‘zgarishiga qarab regulyatorning uzatish koeffitsiyenti mos ravishda o‘zgartiriladi. Mazkur o‘zgarishlar faqat avtomatik rostlash tizimi sifati obyekt xossalarining o‘zgarishi yoki tashqi bezovta qiluvchi ta’sirlar natijasida qoniqarsiz holatga kelgan hollardagina amalga oshiriladi. Proportsional–integral–differensial regulyator parametrlarini sozlash uchun mikrocontrollerlarda amaliy jihatdan sodda realizatsiya qilinadigan ikki qatlamli sun’iy neyron tarmoq modeli taklif etilgan. Olingan natijalar MATLAB muhitida imitatsion tajriba o‘tkazish orqali qiyosiy tahlil qilindi. Neyro-noaniq (neyro-fuzzy) regulyator bilan jihozlangan avtomatik rostlash tizimi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, mazkur regulyator boshqarilayotgan obyektning texnologik parametrlarini rostlash sifatini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: avtomatik rostlash tizimi, moslashuvchan Proportional–integral–derivative controller (PID-regulyator), neyro-noaniq regulyator, sun’iy neyron tarmoq, ikki qatlamli neyron tarmoq, moslashuv mexanizmi, uzatish koeffitsiyenti, boshqaruv sifati, texnologik parametrlar, imitatsion modellashtirish, MATLAB muhiti, mikrocontrollerlarda realizatsiya.

Annotation: The results of a study on the properties of an automatic control system with an adaptive Proportional–integral–derivative controller (PID controller) are presented. The distinctive feature of the proposed adaptation mechanism is that, during system operation, the main controller parameters (proportional, integral, and derivative gains) remain unchanged and correspond to the settings defined prior to system start-up. At the same time, depending on variations in the controlled plant parameters, the controller gain is adjusted. Such adjustment occurs only when the quality of the automatic control system becomes unsatisfactory due to changes in the plant dynamics or as a result of external disturbances acting on the plant. For tuning the parameters of the PID controller, a two-layer artificial neural network is proposed. The suggested structure is characterized by its simplicity and suitability for implementation on microcontrollers. A comparative analysis of the obtained results was carried out by conducting a simulation experiment in the MATLAB

ISSN 3030-3907

environment. The research findings for the automatic control system employing a neuro-fuzzy controller demonstrate that this controller significantly improves the quality of regulation of the technological parameters of the controlled object.

Keywords: automatic control system, adaptive Proportional–integral–derivative controller (PID controller), neuro-fuzzy controller, artificial neural network, two-layer neural network, adaptation mechanism, gain coefficient, control quality, technological parameters, simulation modeling, MATLAB environment, microcontroller implementation.

ВВЕДЕНИЕ.

На сегодняшний день одной из актуальных проблем современной теории управления является разработка способов обеспечения требуемого качества систем автоматического регулирования (САР) объектами с нестационарными параметрами [1]. В настоящее время используемые в промышленности пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД)-регуляторы относятся к наиболее распространённому типу регуляторов. Порядка 90-95% регуляторов, находящихся в настоящее время в эксплуатации, используют ПИД-алгоритм. Причинами столь высокой популярности являются простота построения и промышленного использования, ясность функционирования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость [2]. Использование ПИД-закона ведёт к повышению качества регулирования, но ограничено сложностью его настройки. Это объясняется особенностью работы САР с ПИД- регуляторами: высокая чувствительность к отклонению оптимума их настроек и невозможность применения шагового метода для получения вида переходного процесса.

Адаптивное управления динамическими объектами в настоящее время большинстве случаев осуществляется на основе идентификации с последующим решением задачи определения параметров ПИД-регулятора. Основными недостатками такого подхода является сложность реализации процедуры идентификации и ограниченные возможности изменения динамических свойств САР путем изменения параметров ПИД-регулятора. При наличие свойства нелинейные. Использование нелинейных регуляторов (например нечетких или нейронных регуляторов [3, 4]), позволяет добиться более высоких показателей качества переходного процесса. Однако простота и ясность структуры ПИД-регуляторов с тимулирует исследования, связанные с усовершенствованием их конструкции ([15-8] и другие). Так в работе [5] предлагается дополнять ПИД-регулятор нейросетевым регулятором, обучаемым с помощью алгоритма обратного распространения

ISSN 3030-3907

ошибки. Сигналы обоих регуляторов складываются, что позволяет получить нелинейный закон управления. В работе [6] используется RBF-сеть, которая служит для изменения коэффициентов ПИД-регулятора. Настройка происходит с помощью генетического алгоритма (ГА). В [7] искусственная нейронная сеть аппроксимирует ПИД-регулятор, для обучения используется алгоритм дифференциальной эволюции. В [8] нейронный супервизор на базе НС прямого распространения управляет коэффициентами ПИД-регулятора. В данной работе исследуется простой вариант модификации цифрового ПИД-регулятора, основный на эквивалентном представлении, на базе нейронной сети (НС) с последующим введением нелинейностей, улучшающих качество переходных процессов.

МЕТОД РЕШЕНИЯ. В представленной работе приводятся результаты исследования свойств САР с ПИД-регулятором и последовательным адаптивным корректирующим устройством. В процессе работы системы регулирования, в зависимости от изменения параметров объекта управления, меняется коэффициент передачи корректора или создаваемый им фазовый сдвиг. Что позволяет обеспечить устойчивость системы и повысить качество переходных процессов. Эти изменения происходят только тех случаях, когда качества САР становится неудовлетворительным вследствие изменения свойств объекта управления или из-за воздействия на объект управления возмущений.

Результаты исследования САР с линейными корректирующими устройствами показали, что процедура адаптации линейных корректоров при использовании метода нечеткой логики, возможна лишь при ограниченных по диапазону и характеру изменениях параметров объекта управления []. Применение нелинейных корректоров связано с проблемой учета зависимости частотных характеристик от амплитуды гармонических колебаний входного сигнала. Применение адаптивного псевдолинейного корректора динамических характеристик позволяет получать требуемые амплитудные и фазовые частотные характеристики. Обычно эти устройства имеют два канала, амплитудный и фазовый, настраиваемые независимо друг от друга. При этом частотные характеристики псевдолинейных корректирующих устройств не зависят от амплитуды гармонических колебаний входного сигнала.

В этом случае ПИД-регулятор может быть представляется в виде простейшей нейронной сети (НС), содержащей всего один нейрон с тремя входами и линейной активационной функцией (рис. 1). Закон управления представляет собой гиперплоскость в 4-х мерном пространстве. Можно

ISSN 3030-3907

предположить, что улучшение качества управления обеспечивается при замене гиперплоскости

$$(x+a)^n = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} x^k a^{n-k}$$

некоторой гиперповерхностью, для описания которой можно перейти от структуры рис. 1 к более сложной структуре, содержащей нелинейности.

Для решения поставленной задачи рассмотрим дискретное представление ПИД- регулятора, заменив производную и интеграл отношениями конечных разностей.

$$u(n) = kx_p e(n) ki\Delta t + \sum_{k=0}^{n} \left[e(k) + \frac{kd}{\Delta t}\big(e(n) - e(n-1)\big) \right],$$

где n- момент времени.

Ограничиваясь двумя слагаемыми в формуле для интеграла, имеем

$$u(n) = kx_p e(n) + si\big(e(n-1)\big) + sd\big(e(n) - e(n-1)\big),$$

где $si = ki\Delta t, sd = \frac{kd}{\Delta t}, \Delta t$ −шаг дискретизации по времени.

Для реализации дискретного ПИД-регулятора можно рассмотреть двухслойную НС, в которой линейной является лишь активационная функция 2-го слоя, а активационные функции 1-го слоя в общем случае нелинейные (рис. 2).

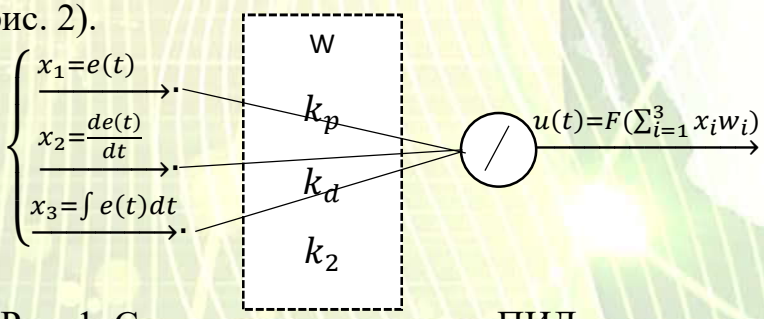


Рис. 1. Структура дискретного ПИД-регулятора

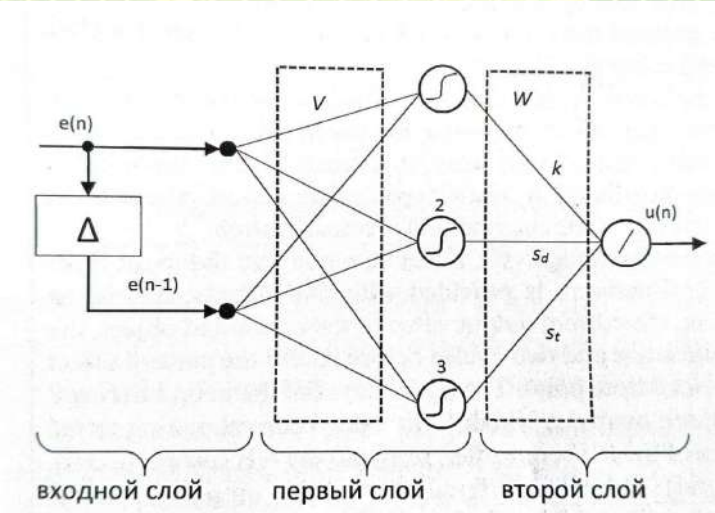


Рис.2. Задержка на один такт

ISSN 3030-3907

Таким образом, в структуре нелинейного ПИД-регулятора (нейро-ПИД) неизвестными оказываются лишь параметры активационных функций нейронов 1-го слоя.

Настройка нелинейного цифрового ПИД-регулятора осуществить следующими способами:

1. Синтез линейного цифрового ПИД-регулятора, в процессе которого формируется матрица весов 2-го слоя W.

2. Оптимизация параметров нелинейных активационных функций нейронов первого слоя, формирующая нелинейный закон управления, удовлетворяющий заданным показателям качества.

На первом шаге происходит оптимизация коэффициентов линейного ПИД- регулятора (рис. 1). Переходный процесс (реакция на единичный скачок) после оптимизации описывает кривая a на рис. 3.

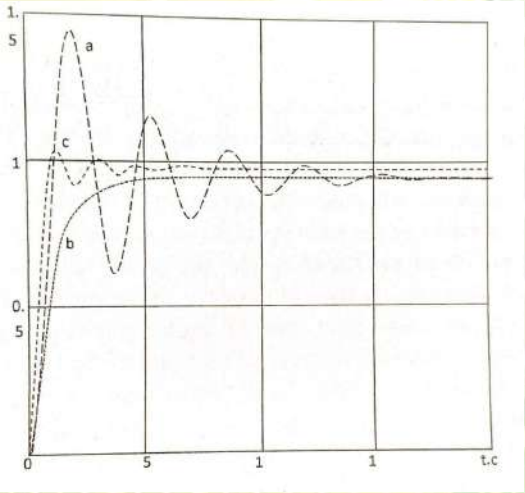


Рис.3. переходный процесс (реакция на единичный скачок) после оптимизации

Линейный закон управления приводит здесь к значительному перерегулированию и большой статической ошибке. На втором шаге происходит оптимизация параметров активационной функции нейрона 2 (рис.2), которому соответствует дифференциальная составляющая ПИД-регулятора.

На третьем шаге происходит оптимизация параметров активационной функции нейрона 3 (рис.2), которому соответствует интегральная составляющая ПИД-регулятора. Переходному процессу соответствует кривая на рис. 3. Переходный процесс приобрел колебательный характер, но перерегулирование незначительно, время нарастания значительно сократилось, а статическая ошибка стала незначительной. Заметим, что активационная функция нейрона 1 (рис. 2) в рассмотренном примере осталась линейной, т.е. базовый коэффициент усиления здесь остается

ISSN 3030-3907

постоянным. Для других динамических объектов эта ситуация в процессе оптимизации может измениться. Рассмотренный подход к проектированию нелинейного ПИД- регулятора (или нейро-ПИД) отличается простотой и основан на представлении регулятора двухслойной НС, в которой три нейрона 1-го слоя могут иметь нелинейные активационные функции, а нейрон 2-го слоя линейную активационную функцию.

Оптимизация может выполняться всего по трем параметрам, однако целевая функция является мульти модельной, что требует использования методов глобальной оптимизации, таких как генетический алгоритм.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Имитационное моделирование показали, что замена ПИД-регулятора нейро-ПИД регулятором может обеспечить значительное улучшение качества управления, которое недостижимо при линейном законе управления.

Таким образом, предлагаемый подход может быть полезен при модернизации систем управления широким классом динамических объектов, где используются линейные ПИД-регуляторы.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ. Предложен модифицированный цифровой ПИД-регулятор, на базе нейронной сети с введением нелинейностей типа инвестиция. Проведён сравнительный анализ методик настройки САР с ПИД-регулятором, на основе которого выбраны наиболее пригодные для практического использования. Для определения возможностей ПИД-закона выполнен расчет настроек ПИД- регулятора с учётом критериев качества переходного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zheng X, Liu S, Yu Z, Luo C. A New Method for Dynamical System Identification by Optimizing the Control Parameters of Legendre Multiwavelet Neural Network. *Mathematics*. 11(24):4913. 2023; https://doi.org/10.3390/math11244913

2. Revay, M.; Wang, R.; Manchester, I.R. Recurrent equilibrium networks: Flexible dynamic models with guaranteed stability and robustness. *IEEE Trans. Autom. Control*. 2023.

3. Otto, S.E.; Rowley, C.W. Linearly recurrent autoencoder networks for learning dynamics.SIAM J. *Appl. Dyn. Syst*. 18, 2019, pp.558–593.

4. Isamidin Siddikov, Davronbek Khalmatov, Gulchekhra Alimova, Ulugbek Khujanazarov, Sadikova Feruzaxon, Mustafaqul Usanov. Investigation of auto-oscilational regimes of the system by dynamic nonlinearities. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). Vol. 14, No. 1, February 2024, pp. 230-238. DOI: 10.11591/ijece.v14i1.pp230-238

ISSN 3030-3907

5. de Campos Souza, P.V. Fuzzy neural networks and neuro-fuzzy networks: A review the main techniques and applications used in the literature. *Appl. Soft Comput*. 92, 106275, 2020.
6. Isamiddin Siddikov, Gulruxsor Nashvandova, Gulchekhra Alimova Neural network optimizer of proportional-integral-differential controller parameters. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). Vol.14, No. 3, June 2024, pp. 2533~2540 ISSN: 2088-8708, DOI: 10.11591/ijece.v14i3.pp 2533-2540.
7. O.Porubay, I.Siddikov, G.Nashvandova, G.Alimova. Synthesis of a Control System for a Two-Mass Electromechanical. // Problems in the textile and light industry in the context of integration of science and industry: Vol:2023, DOI: https://nammti.uz/uz/ptlicispws-2/.
8. I. X. Siddikov; G. R. Alimova; M. M. Usanov. Self-Tuning system of regulation of technological parameters of cotton ginning process. *AIP Conf. Proc*. 3244, 030057. 2024. https://doi.org/10.1063/5.0242336
9. Siddikov, I., Alimova, G., Rustamova, M., Usanov, M. Digital adaptive control with pulse width modulation of signals. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. Vol. 15, No. 1, February 2025, pp. 252-259, doi: 10.11591/ijece.v15i1.pp.252-259.
10. Xakimovich, S.I., Dilnoza Maxamadjonovna, U. The research mathematical model of the three-impulse system of automatic control of steam generator water supply on load relief. *2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020*, 2020, 9351384
11. Siddikov, I.X, Umurzakova, D.M. Synthesis of Adaptive Control Systems of a Multidimensional Discrete Dynamic Object with a Forecasting Models. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019, 2019, 9012033
12. Siddikov, I., Porubay, O., Rakhimov, T. Synthesis of the neuro-fuzzy regulator with genetic algorithm. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2024, 14(1), страницы 184–191.
13. И.М Макаров., В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления/ Отделение информ. Технологий и вычислит. систем РАН. – М.: Наука, 2016. – 333с.
14. А.И Зайцев. Применение нечетких систем управления в электроприводах./А.И. Г.Л Зайцев,. В.Л Муравьев,. Сташнёв.– www.electro.nizniy.ru// papers/4/00407.html.

ISSN 3030-3907

15. Астахов В.А. Теория автоматического управления. — М.: Энергоатомиздат, 2018.
16. Ogata K. Modern Control Engineering. — Prentice Hall, 2010.
17. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. — Pearson, 2009.

ISSN 3030-3907