

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ
HALYK
CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

3 (347)

JULY – SEPTEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н-5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы*. Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*
http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимжаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сагпаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.* В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

EDITOR IN CHIEF:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty "Information systems, executive secretary of the RSE "Institute of Information and Computational Technologies", Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of physics and informatics.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-ЖК**, issued 14.02.2018
Thematic scope: *series physics and information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

UDC 004.94

© **G.B. Bahadirova^{1*}, H. Tasbolatuly¹, A.S. Mukanova¹, Sh. Turaev², 2023**

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan;

²College of Information Technology, United Arab Emirates University,
Al Ain, United Arab Emirates.

E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru

DESIGNING LINEAR FEEDBACK CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM IN MATLAB SIMULINK

Bahadirova Gulnaz Bekualykyzy — PhD student. Astana International University. Astana, Kazakhstan

E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9464-9809>;

Tasbolatuly Nurbolat — associate professor, Deputy Dean of the Higher School of Information Technologies and Engineering, Astana International University. Astana, Kazakhstan

E-mail: tasbolatuly@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0511-7000>;

Mukanova Asel Serikovna — associate professor, dean of the Higher School of Information Technologies and engineering, Astana International University. Astana, Kazakhstan

E-mail: assel.mukanova@aiu.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-8964-3891>;

Turaev Sherzod — PhD, assoc. Professor. College of Information Technology, United Arab Emirates University Al Ain, United Arab Emirates

E-mail: sherzod@uaeu.ac.ae. <https://orcid.org/0000-0001-6661-8469>.

Abstract. Changes in equations in nonlinearized systems of existence are characterized by nonlinearized differential equations. The tasks of monitoring nonlinearized systems have been of great interest to the scientific community for several recent years. Significant positive changes are observed in the development of various methods of nonlinearized control theory and obtaining results by modeling them on a computer. Such success is associated with the rapid development of computing equipment and increased requirements for the quality of control, which allows you to fully and quickly study nonlinearized trends. The purpose of the article is to build a computer model of linearized feedback control for a nonlinearized system with one input and one output for a pendulum system, using various blocks of MATLAB Simulink libraries. In a computer model for linearized feedback control for a nonlinearized system, a reference signal block, a pendulum block Tracking control, was created and the input signal or control, the output signal, and the error results were displayed as graphs. To construct the law of control of nonlinearized systems, there are several approaches, including

the method of constructing the law of control using linearization, the method of linearization of the system by feedback, Lyapunov methods. In addition, the presented article provides and describes brief definitions, lemmas about feedback control, state control by feedback, stabilization, tracking. Using various blocks of MATLAB Simulink libraries for the pendulum system, a nonlinearized system, a scheme and a result of the feedback control law were given.

Keywords: Nonlinearized systems, large-scale stabilization, output feedback, state feedback, tracking

© Г.Б. Бахадирова^{1*}, Н. Тасболатұлы¹, А.С. Муканова¹, Ш. Тураев², 2023

¹Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан;

²Ақпараттық технологиялар колледжі, Біріккен Араб Әмірліктері университеті, Әл-Айн, Біріккен Араб Әмірліктері.

E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru

МATLAB SIMULINK-ТЕ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕ ҮШІН КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫ СЫЗЫҚТЫҚ БАСҚАРУДЫ ЖОБАЛАУ

Бахадирова Гулназ Бекуалықызы — PhD студент. Астана халықаралық университеті. Астана, Қазақстан

E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9464-9809>;

Тасболатұлы Нұрболат — доцент, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебінің декан орынбасары, Астана халықаралық университеті. Астана, Қазақстан

E-mail: tasbolatuly@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0511-7000>;

Муканова Асель Сериковна — доцент, Ақпараттық технологиялар және инженерия жоғары мектебінің деканы. Астана халықаралық университеті. Астана, Қазақстан

E-mail: assel.mukanova@aiu.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-8964-3891>;

Тураев Шерзод — PhD, қауымдастырылған профессор. Ақпараттық технологиялар колледжі, Біріккен Араб Әмірліктері университеті, Әл-Айн, Біріккен Араб Әмірліктері

E-mail: shezod@uaeu.ac.ae. <https://orcid.org/0000-0001-6661-8469>.

Аннотация. Сызықтық емес болмыстық жүйелердегі тендеулер өзгерісі сызықтық емес дифференциалдық тендеулермен сипатталады. Сызықтық емес жүйелерді бақылау міндеттері бірнеше соңғы жылдарды ғылыми қауымдастық тарапынан үлкен қызығушылыққа ие болып келеді. Сызықтық емес басқару теориясының әр түрлі әдіс-тәсілдерін әзірлеу мен оларды компьютерде модельдеу арқылы нәтиже алуда айтарлықтай оң өзгерістер байқалуда. Мұндай жетістік сызықтық емес үрдістерді толық және тез зерттеуге мүмкіндік беретін есептеуіш техниканың қарқынды дамуымен және бақылау сапасына қойылатын талаптардың артуымен байланысты. Мақаланың мақсаты маятниктік жүйеге арналған бір кірісі және бір шығысы бар сызықтық емес жүйе үшін кері байланысты сызықтық басқаруды, MATLAB Simulink кітапханаларының әр түрлі блоктарын қолдану арқылы компьютерлік моделін құру болып табылады. Сызықтық емес жүйе үшін кері байланысты сызықтық басқаруға арналған компьютерлік модельде тірек сигналының блогы, маятник блогының ізіне түсіруді басқару,

сызықтандыруды басқару жасалып, кіріс сигналы немесе басқару, шығыс сигналы және қателіктің нәтижелері график түрінде көрсетілді. Сызықтық емес жүйелерді басқару заңын құру үшін бірнеше тәсілдер бар, оның ішінде сызықтандыруды пайдаланып басқару заңын құру әдісі, жүйені кері байланыс арқылы сызықтандыру әдісі, Ляпунов әдістері. Сонымен қатар берілген мақалада кері байланысты басқару, күй кері байланыс арқылы басқару, орнықтандыру, ізге түсіру туралы қысқаша анықтамалар, леммалар беріліп, сипатталды. Маятниктің жүйе үшін MATLAB Simulink кітапханаларының әртүрлі блоктарын қолдану арқылы сызықтық емес жүйе, кері байланысты басқару заңының схемасы және нәтижесі келтірілді.

Түйін сөздер: сызықтық емес жүйелер, кең ауқымды орнықтандыру, шығыс кері байланыс, күй кері байланысы, ізге түсіру

© Г.Б. Бахадирова^{1*}, Н. Тасболатұлы¹, А.С. Муканова¹, Ш.Тураев², 2023

¹Международный университет Астана;

²Колледж информационных технологий, Университет Объединенных Арабских Эмиратов, Эль-Айн, Объединенные Арабские Эмираты.

E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB SIMULINK

Бахадирова Гулназ Бекуалықызы — PhD студент. Международный университет Астана.

E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9464-9809>;

Тасболатұлы Нұрболат — доцент, заместитель декана Высшей школы информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, Астана, Казахстан.

E-mail: tasbolatuly@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0511-7000>

Муканова Асель Сериковна — доцент, декан Высшей школы информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, Астана, Казахстан

E-mail: assel.mukanova@aiu.edu.kz. ORCID:0000-0002-8964-3891;

Тураев Шерзод — PhD, ассоциированный профессор. Колледж информационных технологий. Университет Объединенных Арабских Эмиратов, Аль-Айн, Объединенные Арабские Эмираты
E-mail: sherzod@uaeu.ac.ae. <https://orcid.org/0000-0001-6661-8469>.

Аннотация. Изменение уравнений характеризуются нелинейными дифференциальными уравнениями. Проблемы управления нелинейными системами в последние годы вызывают большой интерес в научном сообществе. Наблюдаются существенные изменения в развитии различных методов теории нелинейного управления и их компьютерного моделирования. Эти достижения связаны как с бурным развитием компьютерных технологий, позволяющих полно и быстро исследовать нелинейные процессы, так и с повышением требований к качеству управления. Целью данной работы является создание компьютерной модели управления с линейной обратной связью для нелинейной маятниковой системы с одним входом и одним

выходом с использованием различных блоков библиотеки MATLAB Simulink. В компьютерной модели управления с линейной обратной связью для нелинейной системы были созданы блоки опорного сигнала, следящего управления маятником и линеаризованного управления, построены графики входного сигнала или управления, выходного сигнала и результатов ошибки. Методы создания законов управления для нелинейных систем включают использование линеаризации для создания законов управления, линеаризацию системы с помощью обратной связи и метод Ляпунова. В работе также даны и объяснены простые определения и леммы по управлению с обратной связью, управлению с обратной связью по состоянию, стабилизации и слежению. Представлена нелинейная система, схема закона управления с обратной связью и результаты для маятниковой системы с использованием различных блоков библиотеки MATLAB Simulink.

Ключевые слова: нелинейные системы, крупномасштабная стабилизация, обратная связь по выходу, обратная связь по состоянию, отслеживание

Кіріспе

Кіріс және шығыс айнымалылар арасындағы сызықтандыруға келмейтін жүйелерді немесе сызықтық емес жүйелерді қазіргі заманғы технологияларда зерттеудің тиімділігі артып келеді. Басқару сызықтық емес жүйелерді жүйелерді түсінуге және оларды нақты әлемдік мәселелерді шешуге манипуляциялауға арналған басқару теориясының бөлімі болып табылады. Бұл жүйелер табиғатта және техникада жиі кездеседі және оларды басқару қиын болуы мүмкін. Сызықтық емес жүйелер - бұл кіріс пен шығысты сызықтық тәсілдері арқылы сипаттауға болмайтын жүйелер. Математика мен жаратылыстану ғылымдарында сызықтық емес жүйе - шығыстың өзгеруі кірістің өзгеруіне пропорционалды емес жүйе. Сызықтық емес жүйе деп сызықтық шарттарды қанағаттандырмайтын жүйені айтамыз. Сызықтық емес жүйелердегі теңдеулер өзгерісі сызықтық емес дифференциалдық теңдеулермен сипатталады. Қазіргі кезде сызықтық емес жүйелерді басқарудың бірнеше әдістері бар.

Алғаш рет сызықтық емес жүйелер үшін тірек сигналдары уақытқа байланысты өзгертін күйі А. Айсидори және С.И. Бирнс (Burnes et al., 1997) еңбектерінде жазылған.

Ал ХХІ ғасырдың басында анықталмайтын сызықтандыруы бар белгісіз сызықтық емес жүйелер үшін динамикалық шығыс кері байланысы бар робосты практикалық шығыс бақылауды Алимхан және Инаба еңбектерінде жазылған (Alimhan et al., 2008).

Сонымен қатар уақыты кешіккен жоғары ретті сызықтық емес жүйелер класы үшін шығыс кері байланысты бақылау контроллерінің жобалық тәсілі ұсынылған. Уақыттың кешігуіне арналған Ляпунов–Красовский тәсілі ұсынылады, ал шығыс кері байланысты бақылау контроллерін біртекті үстемдік әдісін қолдана отырып жасалғандығы (Alimhan et al., 2021) мақалада қарастырылған.

Қазіргі күнге дейін сызықтық емес болған бақылаушыны құрудың жалпыланған және тиімді әдісі жоқ болуына байланысты күйі бойынша кері байланысты бақылауға қарағанда, шығыс кері байланысты бақылау баяу дамығанын байқауға болады.

Қазіргі зерттеулерде уақыт кешігу параметрінің өзі уақыт бойынша өзгеретін функция деп алынып, айнымалы уақыт кешігу параметрі бар шын мәніндегі сызықтық емес жүйелер класы үшін шығыс сигналын күйі бойынша кері байланыс арқылы берілген тірек сигнал ізіне түсіру мәселелері қарастырылып, зерттелу үстінде.

Маятникке арналған жүйенің кері байланысты сызықтық басқаруды пайдалана барысында жүйе орнықтылығы, бақылау және ауытқуларды азайту, оларды компьютерде моделдеу мәселелері қарастырылды. Компьютерлік модельдеуге анықтама беретін болсақ, онда компьютерлік модельдеу - бұл нақты немесе физикалық жүйенің күйін немесе нәтижелерін болжауға арналған және компьютерде орындалатын математикалық модельдеу процесі. Сызықтық емес жүйенің арнайы класын кері байланыс жәрдемінде бақылауды теориялық зерттеу, дәлелдеу нәтижесінде қол жеткізген жетістіктерді компьютерлік модельдеудің бірден бір тәсілі-MATLAB/Simulink сияқты модельдеу құралын пайдалану болып табылады.

Әдістер мен материалдар

Сызықтық емес процестерді басқару үшін сенімді кері байланысты сызықтандыру әдісі зерттеледі және келесідей сипатталады: 1) егер сызықтық басқарылатын процесс тұрақты болса, онда сызықты емес процесс күйлері асимптотикалық тұрақты болады, ол қолданбаларда қанағаттандырылмайды, өйткені кейбір күйлер шағын мәндерге жақындайды; сондықтан, егер сызықтық басқарылатын процесс тұрақты болса, онда сызықты емес процесс күйлері біркелкі тұрақты болатынын дәлелдеу үшін Ляпунов теориясына негізделген теорема ұсынылады. 2) сызықтық емес процестерді реттеу үшін барлық негізгі және қиылысатын күйлердің кері байланысын ескеру керек екені теорияларда айтылады, бұл контроллердің кірістерін табуды қиындатады; демек, қолданбаларда қанағаттанарлық нәтиже алу үшін тек негізгі күйлердің кері байланыстары пайдаланылады. (José de Jesús Rubio, 2018)

Кері байланысты сызықтық басқаруды жобалауды зерттеу барысында келесі Ляпуновтың жүйелерді басқару, кері байланыс әдістері қолданылды. Енді осы әдістерге жеке жеке тоқталатын болсақ, онда төменде келтірілген.

1. Ляпуновтың орнықтылық теоремалары

Ляпунов дифференциалдық теңдеуді анық интегралдаусыз жүйенің орнықтылығын анықтау әдісін ойлап тапты, яғни механикалық қасиеттерді пайдаланды, жүйенің энергетикалық өрісінің оның орнықтылығына әсер етуін зерттеді. Бұл Ляпуновтың тікелей әдісі немесе Ляпуновтың екінші әдісі деп аталды. Классикалық механика бойынша физикалық жүйеде энергияның төмен болуымен салыстырғанда жоғары энергияға ие болған кезде, массаның

орнықты болмағанын айтады. Бөлшектердің орныксыз күйден орнықты күйге ауысқан кезде оның энергиясы үнемі төмендеуі тиіс. Егер энергияны E арқылы өрнектесек, онда $E > 0$, $dE/dt < 0$ болады. Механикалық осциллятор жұмысын мысал ретінде, яғни осциллятордың жылдамдығы азайған кезде, жүйенің жалпы энергиясы да төмендеп, соңында тепе-теңдік нүктеде нөлге айналып орнықты болады.

Жоғарыда айтылған принциптердің негізінде Ляпунов тек қана күй энергиясы арқылы сипатталатын $V(t, x(t))$ энергия функциясын құрды.

$$\text{Егер } V(t, x(t)) \begin{cases} > 0, \text{ егер } x \neq 0, \\ = 0, \text{ егер } x = 0, \end{cases}$$

$\dot{V}(t, x(t)) \leq 0$ болса, тепе-теңдік нүктедегі орнықтылық – жүйенің қозғалыс теңдеуінің шешімдері туралы ақпаратсыз дәлелденеді. Мұндағы: $V(t, x(t))$ -*Ляпунов функциясы* деп аталады.

Теорема 1.1. Дискретті уақыттағы жүйелерге арналған үшін Ляпуновтың орнықтылық теоремасы: $x(k+1) = f(k, x(k))$, $x(k_0) = x_0$ жүйе берілсін, мұнда $f(0, k) = 0$ болсын. Жүйенің тепе теңдік нүктесі $x_e = 0$ тең;

1) Оң функция $V(k, x(k))$ бар және $\Delta V(k, x(k)) := V(k+1, x(k+1)) - V(k, x(k)) \leq 0$, $\forall x \neq 0$ шарты қанағаттандыратын болса, келесі берілген жүйе $x_e = 0$ нүктесінде орнықты болып табылады.

2) Егер функция $V(k, x(k))$ бар және $\Delta V(k, x(k)) := V(k+1, x(k+1)) - V(k, x(k)) \leq 0$, шарты қанағаттандыратын болса, келесі берілген жүйе $x_e = 0$ нүктесінде асимптотикалық орнықты болып табылады.

Берілген жүйе $x_e = 0$ тепе-теңдік нүктесінде асимптотикалық орнықты және $\|x\| \rightarrow \infty$ ұмтылғанда, $V(k, x(k)) \rightarrow \infty$ болса, көрсетілген жүйеде $x_e = 0$ нүктесінде кең ауқымды асимптотикалық орнықты болып табылады (Wu M et al., 2010).

Теорема 1.2. Үздіксіз уақыт жүйелеріне арналған Ляпуновтың орнықтылық теоремасы $x(t) = f(t, x(t))$, $x(t_0) = x_0$ берілген жүйеде $f(t, 0) = 0$ болса, яғни жүйенің тепе-теңдік нүктесі $x_e = 0$ болып табылады.

1) Егер $V(k, x(t))$ оң анықталған және оң туындысы $V(t, x(t)) := \frac{d}{dt} V(t, x(t))$ жартылай теріс анықталған болса, келесі берілген жүйе $x_e = 0$ тепе теңдік нүктесінде орнықты болып табылады.

2) Егер $V(k, x(t))$ оң анықталған және оң туындысы $V(t, x(t)) := \frac{d}{dt} V(t, x(t))$ жартылай теріс анықталған болса, келесі берілген жүйе $x_e = 0$ тепе теңдік нүктесінде асимптотикалық орнықты болып табылады

3) Егер берілген жүйе $x_e = 0$ нүктеде асимптотикалық орнықты және $\|x\| \rightarrow \infty$ ұмтылғанда, $V(k, x(k)) \rightarrow \infty$ ұмтылатын болса, көрсетілген жүйеде $x_e = 0$ нүктесінде кең ауқымды асимптотикалық орнықты болып табылады (Liao X. X. et al., 2007).

2. Кері байланысты басқару

Басқару жүйелері $x=f(t,x,u)$, $x \in \square^n, u \in \square^m$ (2.1)

динамикалық кері байланыс (немесе динамикалық компенсатор) (2.1) формула бойынша кеңейтілген басқару жүйесі болып табылады.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= f(t, x, \beta(t, x, y, w)), \\ \dot{y} &= g(t, x, y, w), \\ u &= \beta(t, x, y, w), \end{aligned} \quad (2.2)$$

мұндағы $x \in \square^n, y \in \square^k, w \in \square^{m'}$ $m' \geq m$.

Динамикалық кері байланыс (2.2) тұрақты, егер $m' = m$ және ол шешімнің сәйкестік шартын қанағаттандырады: Әрбір тегіс шешім үшін $(x(t), u(t))$ бастапқы жүйе (2.1), біркелкі функциялар бар (міндетті түрде бірегей емес). $(y(t), w(t))$ берілген функциялармен бірге $(x(t), u(t))$ жүйені (2.2) бірдей қанағаттандырады (Clelland J. et al., 2021).

Күйі бойынша кері байланыс арқылы жүйені тұрақтандыру проблемасы келесідей жүйе түрде берілген болса $\dot{x} = f(t, x, u)$, кері байланысты басқару заңын әзірлеу проблемасы $u = \gamma(t, x)$, осылайша, координаттардың басталуы $x = 0$ бұл тұйық жүйенің біркелкі асимптотикалық тұрақты тепе-теңдік нүктесі $\dot{x} = f(t, x, \gamma(t, x))$ болып табылады.

Кері байланысты басқару заңы $u = \gamma(t, x)$ әдетте «статикалық кері байланыс» деп аталады, себебі бұл x -тің жадсыз функциясы болып қарастырылады. Кейде біз жағдай бойынша динамикалық күйі кері байланысты басқаруды $u = \gamma(t, x, z)$ қолданамыз. мұндағы z - x басқаратын динамикалық жүйенің шешімі; яғни $\dot{z} = g(t, x, z)$ болып табылады.

Шығыс кері байланыс арқылы жүйені орнықтандыру проблемасы

$$\begin{aligned} \dot{x} &= f(t, x, u) \\ y &= h(t, x, u) \end{aligned}$$

шығыс кері байланысы бар статикалық басқару заңын әзірлеу проблемасы болып табылады $u = \gamma(t, y)$ немесе шығыс кері байланысы бар динамикалық басқару заңы $u = \gamma(t, y, z)$ осылайша, координаттардың басталуы $x = 0$ бұл тұйық жүйенің біркелкі асимптотикалық тұрақты тепе-теңдік нүктесі болып табылады.

Динамикалық кері байланысты басқару жағдайында тұрақтандыруды қажет ететін координаттардың басталуы $x = 0, z = 0$) көбінесе шығыс кері байланыс тізбектерінде кездеседі, өйткені кейбір күй айнаымалыларын өлшеудің болмауы әдетте кері байланыс контроллеріне «бақылаушыларды» немесе «бақылаушы тәрізді» компоненттерді қосу арқылы өтеледі.

Стандартты тұрақтандыру мәселесі бастапқы координаттардағы тепе-теңдік нүктесін тұрақтандыру ретінде анықталғанымен, біз жүйені ерікті нүктеге қатысты тұрақтандыру үшін бірдей тұжырымдаманы қолдана аламыз.

3. Күй кері байланыс арқылы басқару

3.1 Орнықтандыру

Кері байланыс арқылы бар сызықтық жүйенің түрін қарастырсақ:

$$\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi) \quad (3.1)$$

$$\dot{\xi} = A\xi + B\gamma(x)[u - \alpha(x)] \quad (3.2)$$

$$\text{мұндағы } z = \begin{bmatrix} \eta \\ \xi \end{bmatrix} = T(x) = \begin{bmatrix} T_1(x) \\ T_2(x) \end{bmatrix}$$

$T(x)$ бұл аймақтағы диффеоморфизм $D \subset R^n, D_z = T(D)$ координаттардың басталуын қамтиды, (A, B) басқарылатын болып табылады, барлығы үшін сингулярлы емес $x \in D, f_0(0, 0) = 0$, және $f_0(\eta, \xi), \alpha(x),$ және $\gamma(x)$ үздіксіз дифференциалданады. Біздің мақсатымыз-координаттардың басталуы $z = 0$ орнықтандыруға арналған кері байланысты басқару заңын әзірлеу болып табылады. ((3.1)-(3.2) формуласы (1)-(3) сызықтық кіріс және шығыс жүйелерінің қалыпты формуласымен айқын дәлелденген.

$$\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi) \quad (1)$$

$$\dot{\xi} = A_c \xi + B_c \gamma(x)[u - \alpha(x)] \quad (2)$$

$$y = C_c \xi \quad (3)$$

Алайда (3) есептелмейді, өйткені u шығыс кері байланысты тұрақтандыру мәселесінде ешқандай рөл атқармайды. (3.1)-(3.2) жүйесіне (3.1) теңдеуді алып тастағанда кері байланысы бар сызықтық жүйелер де кіреді. Біз басқарылатын канондық түрде бір кіріс немесе жұп (A, B) жүйелерін қарастырумен шектелмейміз, жалпы жүйені талқылауға көшеміз (3.1)-(3.8) және біздің қорытындыларымыз қалыпты формаға (1)-(3) немесе ерекше жағдайлар ретінде сызықтық кері байланыс жүйелеріне қолданылады.

Күй кері байланыс арқылы басқару $u = \alpha(x) + \beta(x)v$ мұндағы $\beta(x) = \gamma^{-1}(x)$, (3.1)-(3.2) "үшбұрышты" жүйеге дейін азайтады

$$\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi) \quad (3.3)$$

$$\dot{\xi} = A\xi + Bv \quad (3.4)$$

(13.40) теңдеу $v = K\xi$ болса, мұндағы K (ABC) Гурвиц болатындай етіп таңдап, оңай тұрақтандыруға болады. Толық тұйық жүйенің асимптотикалық тұрақтылығы.

$$\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi) \quad (3.5)$$

$$\dot{\xi} = (A - BK)\xi \quad (3.6)$$

Координата басының асимптотикалық орнықтылығы $\dot{\eta} = f_0(\eta, 0)$ келесі леммада көрсетіледі.

Лемма 3.1 *Егер. $\dot{\eta} = f_0(\eta, 0)$ координаттарының басталуы асимптотикалық тұрақты болса (3.5) - (3.6) координаттарының басталуы асимптотикалық тұрақты болып табылады.*

Дәлел: (кері Ляпунов) теоремасы бойынша Ляпуновтың үздіксіз дифференциалданатын функциясы $V_1(\eta)$ бар $\frac{\partial V_1}{\partial \eta} f_0(\eta, 0) \leq -\alpha_3(\|\eta\|)$ кейбір ауданда

$\eta = 0$, мұндағы α_3 бұл K класының функциясы. Сол жақта $P = P^T > 0$ Ляпунов теңдеуінің шешімі болады $P(A - BK) + (A - BK)^T P = -I$ және $V(\eta, \xi) = V_1(\eta) + k\sqrt{\xi^T P \xi}$ пайдалансақ, $k > 0$ бірге, Ляпунов-кандидат функциясы ретінде (3.5)-(3.6). Туынды \dot{V} төменде келтірілген формуламен берілген.

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \frac{\partial V_1}{\partial \eta} f_0(\eta, \xi) + \frac{k}{2\sqrt{\xi^T P \xi}} \xi^T [P(A - BK) + (A - BK)^T P] \xi \\ &= \frac{\partial V_1}{\partial \eta} f_0(\eta, 0) + \frac{\partial V_1}{\partial \eta} [f_0(\eta, \xi) - f_0(\eta, 0)] - \frac{k\xi^T \xi}{2\sqrt{\xi^T P \xi}} \end{aligned}$$

Кез-келген шектеулі ауданда координаталар басына үздіксіз дифференциалдануға V_1 және f_0 кейбір оң k_1 және k_2 тұрақтыларын қолданамыз,

$$\dot{V} \leq -\alpha_3 (\|\eta\|) + k_1 \|\xi\| - k k_2 \|\xi\|$$

$k > k_1 / k_2$ таңдау \dot{V} теріс анықталған болып табылады. Байқағанымыздай координаттардың басталуы асимптотикалық тұрақты.

Жоғарыда айтылғандардан минималды фазалық кіріс-шығысы бар сызықтық жүйені күй бойынша кері байланысты басқару арқылы тұрақтандыруға болады

$$u = \alpha(x) - \beta(x)KT_2(x) \quad (3.7)$$

(3.7) формулада басқару $T_1(x)$ тәуелді емес. Сондықтан ол ішінара дифференциалдық теңдеуді $\frac{\partial \phi}{\partial x} g(x) = 0$, $1 \leq i \leq n - \rho$, үшін $\forall x \in D_0$ қанағаттандыратын ϕ функцияға тәуелді емес.

Лемма 3.1 дәлелі тек шекті жиындарда жарамды. Демек, оны глобальды асимптотикалық тұрақтылықты көрсету үшін кеңейту мүмкін емес. Біз глобальды асимптотикалық тұрақтылықты ξ кіріс ретінде қарастырған кезде жүйенің $\dot{\eta} = f_0(\eta, 0)$ кірістен күйге тұрақты болуын талап ету арқылы көрсете аламыз.

Лемма 3.2 (3.5)-(3.6) формулалары *глобальдық асимптотикалық тұрақты, егер жүйе $\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi)$ кіріс күйіне тұрақты болса*

Дәлелдеу: Лемманы қолдану

Кірістің күйге тұрақтылығы $\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi)$ 4.10-бөлімде көргеніміздей, формуласы глобальды асимптотикалық, тіпті экспоненциалды тұрақтылығынан туындамайды. Демек, кіріс-шығыс сызықтық жүйенің «глобальдық» минималды фаза екенін білу басқарудың (3.7) жүйені глобальдық тұрақтандыруға автоматты түрде кепілдік бермейді.

Егер глобалды тұрақтылығы $\dot{\eta} = f_0(\eta, 0)$ және глобалды экспоненциалды тұрақты $f_0(\eta, \xi)$ болса, Липшиц (η, ξ) , бұл жағдайда 4.6 Лемма $\dot{\eta} = f_0(\eta, 0)$ жүйенің күйге ену кезінде тұрақты болатындығын көрсетеді. Әйтпесе, біз одан әрі талдау арқылы кірістен күйге тұрақтылықты орнатуымыз керек. Ғаламдық Липшиц шарттары кейде сызықтық өсу шарттары деп аталады.

13.4.2 Ізге түсіру

Қалыпты түрде ұсынылған жалғыз кіріс, жалғыз шығыс, сызықтық жүйені қарастырыңыз

$$\begin{aligned}\dot{\eta} &= f_0(\eta, \xi) \\ \dot{\xi} &= A_c \xi + B_c \gamma(x) [u - \alpha(x)] \\ y &= C_c \xi\end{aligned}$$

біз жалпылықты жоғалтпай, $f_0(0,0) = 0$ деп есептейміз. Y шығыс сигналын кері байланысты сызықтық жүйелердің күй сигналын асимптотикалық түрде тірек сигнал $r(t)$ ізіне түсіру басқару заңын жасағымыз келеді. Жүйе салыстырмалы $P = n$, дәрежесіне ие болған кезде, оның тривиальды емес нөлдік динамикасы болмайды. Жүйенің салыстырмалы дәрежесі болған кезде де оның тривиальды емес нөлдік динамикасы болмайды. Бұл жағдайда айнымалы және оның теңдеуі алынып тасталады, бірақ қалған жағы η өзгеріссіз қалады, төменде келтірілгендей болжауға болады:

$r(t)$ дейін және оның туындылары $r^{(\rho)}(t)$ барлығына шектелген $t \geq 0$ және ρ туындысы $r^{(\rho)}(t)$, t - дан үздіксіз функция болып табылады;

Сигналдар $r, \dots, r^{(\rho)}$ онлайн режимде тиімді;

Көбінесе сандық есептеулерде бақылау процесінің өз деңгейінде орындалуын анықтау барысында тірек сигналы (*опорный сигнал – reference signal*) пайдаланылады. Тірек сигналы – жүйенің барлық негізгі элементтерін синхрондау іске асырылатын мерзімді сигнал. Бұрынғы жарық көрген еңбектерде (Huang J. et al., 1990), (Herburn J et al., 1984) тірек сигналы орнына тұрақты шама алынған.

Тірек сигнал $r(t)$ өзінің туындыларымен бірге белгілі бір уақыт функциясы ретінде берілуі мүмкін немесе бұл кейбір кіріс сигналымен басқарылатын тірек модельдің шығыс сигналы $\omega(t)$ болуы мүмкін. Соңғы жағдайда r туралы болжамдар тірек сигналдың моделін дұрыс таңдау арқылы орындалуы мүмкін.

Соңғы жағдай r бойынша жорамалдарды анықтамалық үлгіні дұрыс таңдау арқылы орындауға болады. Мысалы, салыстырмалы екінші дәрежелі жүйе үшін тірек сигналдың моделін тасымалдау функциясымен ұсынылған екінші ретті сызықтық уақыт - инварианттық жүйе болуы мүмкін.

$$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

мұнда оң тұрақтылар ζ берілген кіріс сигналымен $w(t)$ тірек сигналды қалыптастыру үшін таңдалады. Тірек сигнал $r(t)$ нақты уақыт режимінде күй моделін қолдана отырып жасалуы мүмкін

$$\begin{aligned}\dot{y}_1 &= y_2 \\ \dot{y}_2 &= -\omega_n^2 y_1 - 2\zeta\omega_n y_2 + \omega_n^2 w \\ r &= y_1\end{aligned}$$

Сондықтан, $r(t)$, $\dot{r}(t)$, және $\ddot{r}(t)$ онлайн режимде тиімді. Егер $w(t)$ үздіксіз шектелген функция, t болғаннан кейін $r(t)$, $\dot{r}(t)$, және $\ddot{r}(t)$ қажетті болжамдарды қанағаттандырады.

$$\mathfrak{R} = \begin{bmatrix} r \\ \vdots \\ r^{(p-1)} \end{bmatrix}, \quad e = \begin{bmatrix} \xi_{1-r} \\ \vdots \\ \xi_{p-r^{(p-1)}} \end{bmatrix} = \xi - \mathfrak{R}$$

Айнымалыларды ауыстырғанда $e = \xi - \mathfrak{R}$

$$\dot{\eta} = f_0(\eta, e + \mathfrak{R})$$

$$\dot{e} = A_c e + B_c \{ \gamma(x)[u - \alpha(x)] - r^{(p)} \}$$

Күй кері байланыс арқылы басқару $u = \alpha(x) + \beta(x)[v + r^{(p)}]$ мұндағы $\beta(x) = 1/\gamma(x)$, қалыпты форманы каскадтық жүйеге дейін азайтады $\dot{\eta} = f_0(\eta, e + \mathfrak{R})$

$$\dot{e} = A_c e + B_c \mathfrak{G}$$

Біздің мақсатымыз екінші теңдеуді тұрақтандыратын және бәріне шектеулі $t \geq 0$ болатынына көз жеткізу. $\mathfrak{G} = -Ke$, мұнда $A_c - B_c K$ Гурвиц болса, күйдің толық кері байланысын басқару келесі формула арқылы сипатталады:

$$u = \alpha(x) + \beta(x) \{ -K[T_2(x) - \mathfrak{R} + r^{(p)}] \} \quad (3.7)$$

ал тұйықталған жүйе мынадай түрде

$$\dot{\eta} = f_0(\eta, e + \mathfrak{R}) \quad (3.8)$$

$$\dot{e} = (A_c e + B_c K)e \quad (3.9)$$

Минималды фазалық жүйелер арналған бастапқы $\dot{\eta} = f_0(\eta, 0)$ асимптотикалық болады. Бұл (кері Ляпунов функциясы) теоремасынан шығатыны жеткілікті $e(0), \eta(0)$, және $\mathfrak{R}(t)$, күй $\eta(t)$ барлығына шектелетін болады $t \geq 0$. Осылайша, күй кері байланыс басқару (3.7) формулада локальды ізге түсіру мәселесін шешеді. Басқарудың жарамдылығын глобалды бақылауға дейін кеңейту үшін, мұнда кез келген шектелген $\mathfrak{R}(t)$ функциясы болуы мүмкін, біз глобалды тұрақтандыру кезінде кездесетін мәселелерге тап боламыз. Глобалды ізге түсіруді қамтамасыз етудің жеткілікті шарты жүйенің күй тұрақтылығын $\dot{\eta} = f_0(\eta, \xi)$ енгізу болып табылады. (Khalil H.K., 2002).

4. Кері байланысты сызықтық басқаруды жобалау

Екінші ретті сызықтық емес жүйенің күйі:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = f(x) + g(x)u \end{cases} \quad (4.1)$$

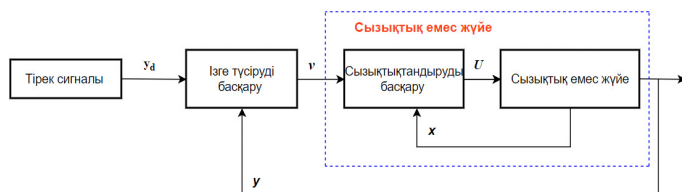
мұндағы $x = [x_1, x_2]^T$ - күй векторы; u - басқару сигналы, $y = x_1$ - шығыс сигналы, $f(x)$ - тегіс сызықты емес функция, $g(x)$ бұл тегіс сызықты емес және нөлдік емес функция.

Басқарудың мақсаты $e(t) = y(t) - y_d(t)$, нөлге жақындаған $\lim_{t \rightarrow +\infty} e(t) = 0$ шығыс ізіне түсіру қателігін анықтау болып табылады.

Кері байланысты сызықтық басқару схемасы сызықтық басқаруды және тірек сигнал ізге түсіруді басқаруды қамтиды.

Сызықтықтандыруды басқару сызықтық емес жүйені сызықтық жүйеге түрлендіру үшін қолданылады.

Ізге түсіруді басқару теориялық сызықтық басқару негізінде жасалады.



1 сурет-Кері байланысты басқару құрылымының схемасы (Fig. 1. Feedback control structure scheme)

1-қадам: Шығыс сигналын тірек ізіне түсіру қатесінен туындыларды уақыт бойынша көшіру, ізіне түсу қателігі: $e = y_d - y$ (4.2)

Ізіне түсу қателігінен уақыт бойынша 1-ші ретті туынды:

$$\dot{e} = \dot{y}_d - \dot{y} = \dot{y}_d - x_2 \quad (4.3)$$

Ізіне түсу қателігінен уақыт бойынша 2-ші ретті туынды:

$$\ddot{e} = \ddot{y}_d - \dot{x}_2 = \ddot{y}_d - f(x) - g(x)u \quad (4.4)$$

2-қадам: Сызықтық басқаруды жобалау: $u = \frac{1}{g(x)}(-f(x) + v)$ (4.5)

(5) - ті (4) - ке ауыстырғандағы нәтиже келесідей болады: $\ddot{e} = \ddot{y}_d - v$ (4.6)

3-қадам: Ізіне түсіруді басқаруды жобалау: $v = \ddot{y}_d + k_1\dot{e} + k_2e$ (4.7)

4-қадам: Басқару параметрлерін таңдасак:

(6) орнына (7) қойсақ, келесі түрде көрсетіледі: $\ddot{e} = -k_1\dot{e} - k_2e$ (4.8)

Сипаттамалық теңдеу арқылы өрнектеуге болады $s^2 + k_1s + k_2 = 0$ (4.9)

Қайта реттеу, белгіленген режим уақыты немесе тұрақты режим қатесі негізінде қажетті сипаттамалық теңдеу алынуы мүмкін. Екі сипаттамалық теңдеуді салыстыру арқылы басқару параметрлерін анықтауға болады.

5-қадам: Тірек сигналға арналған төмен жиілік сүзгісін жасау төменде келтірілген:

$$G_{Lf}(s) = \frac{1}{(0.1s + 1)^2} \quad (4.10)$$

Маятникті қарастырайық: $ml^2\ddot{q} + B\dot{q} + mgl\sin(q) = u$ (4.11)

Мұндағы $m=0.1$ (kg), $l=1$ (m), $B=0.01$ (Nms/rad)

Маятник үшін кері байланысты сызықтық басқаруды жобалауда $\text{РОТ} < 10\%$ және $t_{\text{qd}} < 0.3$ шығыс сипаттамаларына қол жеткізу қамтамасыз етіледі. Тірек сигнал импульстік сигнал болып табылады.

Шешім:

Маятник жүйесінің айнымалы күйін анықтасак: $x_1 = q, x_2 = \dot{q}$ және

шығыс $y = q = x_1$ болса, (4.1-4.4) формулаларын колдансақ, мұндағы

$$f(x) = -\frac{g}{l} \sin(x_1) - \frac{B}{ml^2} x_2, g(x) = \frac{1}{ml^2}$$

Өзірленген талаптарға сүйене отырып: $POT = \exp\left(\frac{-\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right) < 0.1$

$$\rightarrow \xi > 0.59 \rightarrow \xi = 0.7$$

$$t_{qd} = \frac{4}{\xi w_n} < 0.3$$

$$\rightarrow w_n > 19.05 \rightarrow w_n = 25$$

Қажетті сипаттаманың тұжырымдамасы келесідей $s^2 + 2\xi w_n s + w_n^2 = 0$

$$s^2 + 35s + 625 = 0$$

$$(4.12)$$

(4.8) және (4.9) формулаларды есептеу арқылы басқару параметрлері келесідей таңдалады $k_1 = 35, k_2 = 625$.

5-қадам: төмен жиілікті фильтр жасасақ: $G_{LF}(s) = \frac{1}{(0.1s + 1)^2}$ (4.13)

Нәтиже

Matlab ортасының Simulink ортасында бекітілген қадам өлшемі ретінде 0,01 секунд алынды, ал модельдеу уақыты: 20 секунд болып табылады.

Келесі маятниктің сызықтық емес моделін

$f(x) = -\frac{g}{l} \sin(q) - \frac{B}{ml^2} \dot{q}, g(x) = \frac{1}{ml^2}$ колданып, сызықтық басқаруды жобалауға арналған $u = g^{-1}(x)(-f(x) + v)$, мұндағы

$x_1 - \theta$ бұрыштық позиция [rad];

$\dot{x}_2 - \dot{\theta}$ бұрыштық позиция [rad/s];

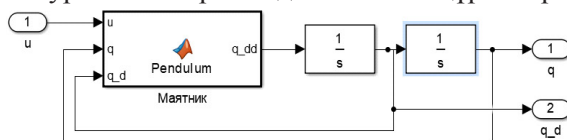
m -маятник массасы [kg]; $m=0,1$;

l -маятник ұзындығы [m]; $l=1$;

k -үйкеліс коэффициенті [Nm/rad/s];

g -гравитациялық үдеу [m/c²]. $g=10$;

$B=0.01$ болса, 3- суретте келтірілгендей маятник құрастырылды.



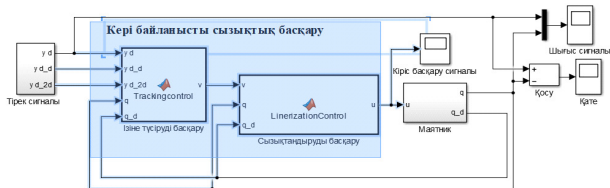
2 сурет. Simulink-те маятник блогының құрастырылған схемасы (Fig. 2. Built-in scheme of the pendulum block in Simulink)

Ізіне түсіруді басқаруды жобалау: $v = \ddot{y}_d + k_1 \dot{e} + k_2 e$ болса, онда $k_1=35, k_2=625$ тең болса, онда 3 суретте Simulink-те тірек блогын құрастырамыз.



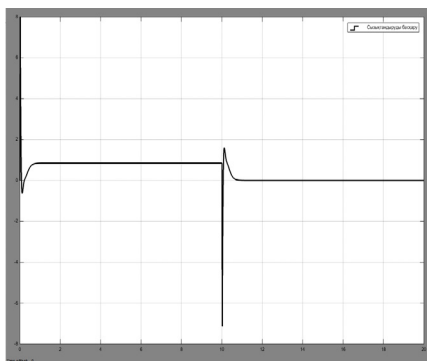
3 сурет. Simulink-те тірек блогының құрастырылған схемасы (Fig. 3. Compiled scheme of the support block in Simulink)

Динамикалық жүйе контроллерлерінің шығысын қолданып, кері байланысты сызықтандырудың мысалы тұйық жүйе контурын имитациялайтын Simulink Library Browser көмегімен маятник, тірек сигналы блоктары жалғанды. Ол төмендегі 4-суретте көрсетілген.



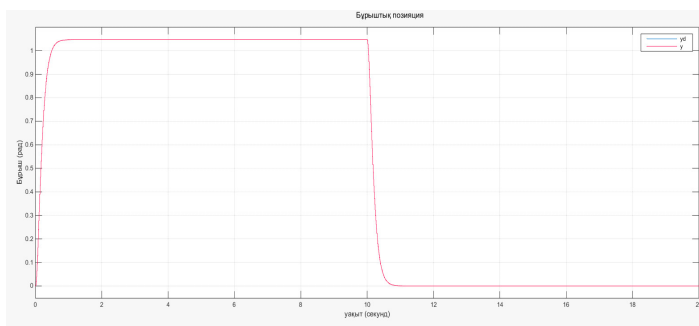
4 сурет. MATLAB Simulink-те жалпы модельдеу құрылымы
(Fig. 4. General structure of modeling in MATLAB Simulink)

U сызықтандыруды басқару сигналынан кейін төменде 4-суретте кіріс сигналы немесе басқару моделі төмендегі суретте келтірілген.



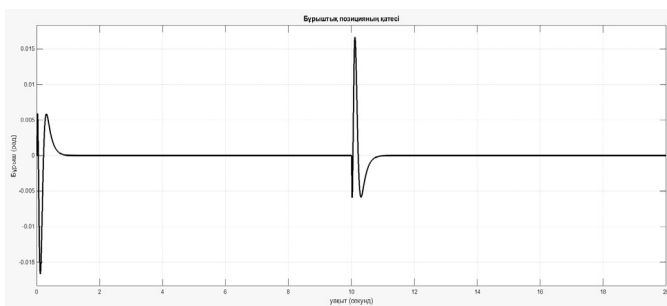
5 сурет. Кіріс сигналы немесе басқару траекториясы
(Fig. 5. Input signal or control trajectory)

Келесі 6-суретте шығыс сигналының жауабы қызғылт түс болса, көк түс тірек сигналы келтірілген.



6 сурет. Шығыс сигналының траекториясы
(Fig. 6. Output signal trajectory)

Келесі кездейсоқ қателік 7-суретте көрсетілген.

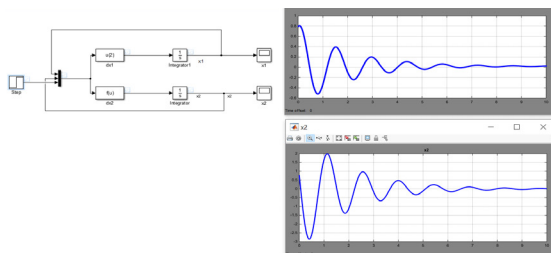


7 сурет. Кездейсоқ қателік траекториясы
(Fig. 7. Trajectory of random error)

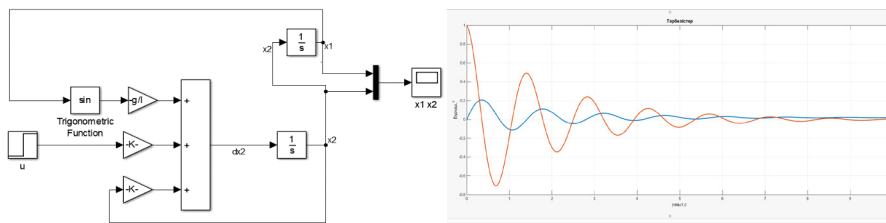
Талқылау

Маятниктің сызықтық емес моделі
$$\begin{cases} \dot{x} = x_2 \\ \ddot{x}_2 = -\frac{g}{l} \sin(x_1) - \frac{k}{ml^2} x_2 + \frac{1}{ml^2} u \end{cases} \quad (1)$$

базалық, функционалды блоктар мен интеграторлар арқылы MATLAB Simulink-тің негізгі блоктары арқылы модельденуі төменде келтірілген суреттерде келтірілген (Kwadzogah et al., 2014).



8 сурет. Функционалды блоктар мен интеграторлар арқылы құрылған схемасы және нәтижесі
(Fig. 8. Scheme and result created by functional blocks and integrators)



9 сурет. Базалық блоктар мен интеграторлар арқылы құрылған схемасы және нәтижесі
(Fig. 9. Scheme and result created by functional blocks and integrators)

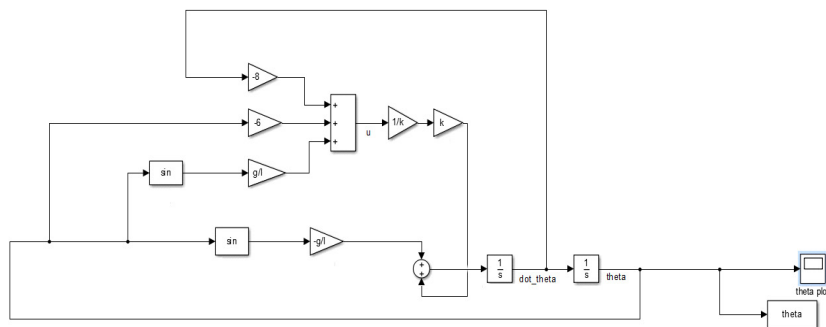
Кері байланысты сызықтандыру және бұл әдісті динамикалық жүйелердің контроллерлерін анық түрде алу үшін қалай пайдалануға болатынының және тұйық жүйені модельдейтін Simulink блок-схемалары 10 суретте берілген. Әрі

қарай, біз кері байланысты сызықтық басқару заңын модельдейміз. Басқару параметрлері $c_0 = 8$, $c_1 = 6$ келесі басқару заңын төмендегідей анықталады.

$$u = \frac{1}{k} \left(\frac{g}{l} \sin(x_1) - 8x_1 - 6x_2 \right)$$

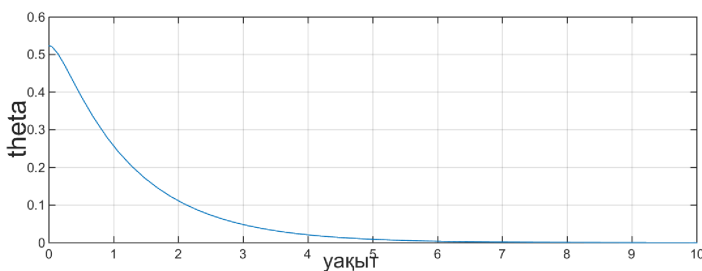
$$u = \frac{1}{k} \left(\frac{g}{l} \sin(\theta) - 8\theta - 6\dot{\theta} \right) \tag{2}$$

(2) формуланы, яғни басқару заңына сәйкес келетін кері байланысты сызықтық басқару заңына сәйкес келетін құрылымдық сызбасы төменде 9 суретте келтірілген.



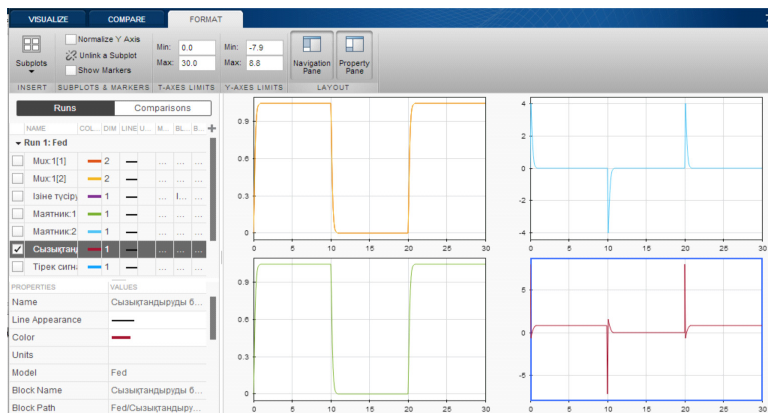
10 сурет. Тұйықталған жүйе контурының құрылымдық сызбасы (Fig. 10. Structural diagram of a closed system)

Жүйенің реакциясы бұл жұмыста тұйық сызықтық емес қарапайым жүйені асимптотикалық орнықтандыруды ең негізгі әдіс кері байланыс әдісі арқылы орнықтандыру мысалы компьютерде модельдеу есебі (theta айнымалысы) төменде 10-суретте келтірілген (Bahadirova G. et al.,2023).



11 сурет.Тұйық жүйеде асимптотикалық түрде кері байланыспен сызықтық емес басқару заңымен орнықтандырылу моделі (Fig. 11. Stability model with nonlinearized control law with feedback asymptotically in a closed system)

11 суретте жоғарыда мақалада келтірілген сызықтық емес жүйе үшін кері байланысты сызықтық басқаруды жобалау процесі Simulation Data Inspector арқылы ашқанда көрінісі келтірілген.



12 сурет. Simulation Data Inspector терезесі
(Fig. 12. Simulation Data Inspector window)

Қорытынды

Екінші ретті сызықтық емес жүйе үшін жалпы тұжырымдамада кері байланыспен сызықтық басқару жасалды. Маятниктік жүйе үшін MATLAB Simulink-те компьютерлік модельдеу жүргізілді. Көрсетілген тәсіл бір кірісі және бір шығысы бар сызықтық емес жүйе үшін жүзеге асырылады. Болашақта басқару жүйелерін жобалау кезінде кейбір көп кіріс және көп шығысы бар сызықтық емес жүйелері қарастырылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Алимхан А., Инаба Н. (2008). Анықтамлаған сызықты емес жүйелер класы үшін шығыс компенсаторы арқылы сенімді практикалық шығыс басқару. Модельдеу, анықтау және басқару, халықаралық журналы. 4: 304–314. DOI:10.1504/IJMIC.2008.021470 (in Eng.).

Алимхан К., Тасболатұлы Н., Ерденова А. (2021). Анықталмаған сызықтық емес жүйелердің шығыс мәліметтерін кері байланыс күйі арқылы бақылау. Теориялық және қолданбалы ақпараттық технологиялар журналы, 99(13): 3337–3352 <https://doi.org/10.15199/48.2019.05.22> (in Eng.).

Бахадирова Г.Б., Тасболатұлы Н. (2023). Simulink-те кері байланыс жәрдемінде сызықтық емес жүйені басқаруды модельдеу. АХУ-2023: Талдау, Жаңалық енгізу. Қолдану атты конференция. 1970–1977 б. (in Kaz.).

Бирнс С.И., Делли Присколи Ф., Исидори А. (1997). Анықталмаған сызықты емес жүйелердің шығысын басқару, Биркхаузер. ISBN 978-1-4612-7384-4. DOI 10.1007/978-1-4612-2020-6 (in Eng.).

Буфаден М. (2018). MATLAB көмегімен сызықтық емес жүйелерді басқару. СРС Пресс, Нью-Йорк. ISBN: 978-1-138-35955-0. (in Eng.).

Клелланд Дж., Клотц Т., Василиу П. (2021). Динамикалық кері байланыстың басқару жүйелерін симметриялық түрде сызықтандыру. Алдын ала басып шығару Архив:2103.05078. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.05078> (in Eng.).

Гонг Q., Цянь С. (2005). Шығыс кері байланысын пайдалана отырып, сызықты емес жүйелер класының шығысын глобалдық практикалық басқару. IEEE-нің 44-ші конференциясының шешімдері мен бақылауы бойынша іс жүргізуі және Еуропалық бақылау конференциясы. 7278–7283 б.

Хуан Дж., Руг В.Дж. (1990). Сызықты емес көп айнымалы сервомеханизм мәселесі бойынша. Автоматика. 26 (6): 963–972. (in Eng.).

Хепберн Дж., Вонхам У.А. (1984). Кері байланыс және дифференциалданатын коллекторлардағы ішкі модель және қателік. *IEEE Транс. Автоматты. Бақылау*. 29 (5): 397–403. (in Eng.).

Хосе де Хесус Рубио (2018). Сызықты емес процестерді басқару үшін кері байланысты сенімді сызықтандыру. *ISA транзакциялары*. 74: 155–164. DOI:10.1016/j.isatra.2018.01.017 (in Eng.).

Халил Х.К. (2002). Сызықтық емес жүйелер. Нью-Джерси: Жоғарғы Садль, 750 б, ISBN:0-13-067389-7. (in Eng.).

Квадзога, Роджер Кобла (2014). Күйге тәуелді тасымалдау функциялары бар -аффиндік сызықты емес жүйелерді басқаруды модельдеу, басқару және модельдеу. *Диссертациялар*. 164. (in Eng.).

Ляо Х.Х., Ван Л.К., Ю.П. (2007). Динамикалық жүйелердің тұрақтылығы. Эльзевир, ISBN: 9780080550619. (in Eng.).

Тасболатұлы Н. (2020). Жоғары ретті анықталмаған сызықтық емес жүйелерге кең ауқымды практикалық бақылау және ол үшін бағдарламалық кешен құру: филос.докт.(PhD) ... дис. – Алматы (in Kaz.).

Бу М., Хэ Ю., Ше Ж.Х. (2010). Уақытты кешіккен жүйелерінің тұрақтылығын талдау және сенімді басқару. – Пекин: Ғылыми баспасөз, 335 б. DOI:10.1007/978-3-642-03037-6 (in Eng.).

REFERENCES

Alimhan K., Inaba H. (2008). International Journal of Modelling, Identification and Control Robust practical output tracking by output compensator for a class of uncertain inherently non-linear systems. 4. – Pp. 304–314. DOI:10.1504/IJMIC.2008.021470 (in Eng.).

Alimhan K., Tasbolatuly N., Yerdenova A. (2021). Global output tracking control for high-order non-linear systems with time-varying delays, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99(13): 3337–3352 <https://doi.org/10.15199/48.2019.05.22> (in Eng.).

Bahadirova G.B., Tasbolatuly N. (2023). Modeling control of a nonlinear system using feedback in Simulink. *AIU-2023: Analyze, Innovate. Conference called Use*. -Pp 1970–1977. (in Kaz.).

Byrnes C.I., Delli Priscoli F., Isidori A. (1997). Output regulation of uncertain nonlinear systems. Birkhauser, ISBN 978-1-4612-7384-4. DOI 10.1007/978-1-4612-2020-6 (in Eng.).

Boufadene M. (2018). *Nonlinear Control Systems Using MATLAB®*. – CRC Press, New York. ISBN: 978-1-138-35955-0. (in Eng.).

Clelland J., Klotz T., Vassiliou P. (2021). Dynamic Feedback Linearization of Control Systems with Symmetry. *arXiv preprint arXiv:2103.05078*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.05078> (in Eng.).

Gong Q., Qian C. (2005). Global Practical Output Regulation of a Class of Nonlinear Systems by Output Feedback, *Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference*. -Pp. 7278–7283. (in Eng.).

Huang J., Rugh W.J. (1990). On a non-linear multivariable servomechanism problem. *Automatica*. 26 (6). –Pp. 963–972. (in Eng.).

Hepburn J., Wonham W.A. (1984). Error feedback and internal model on differentiable manifolds. *IEEE Trans. Automat. Control*. 29 (5): –Pp. 397–403. (in Eng.).

Jose de Jesus Rubio (2018). Robust feedback linearization for nonlinear processes control. *ISA transactions* 74: 155–164. DOI:10.1016/j.isatra.2018.01.017 (in Eng.).

Khalil H.K. (2002). *Nonlinear systems*. New Jersey.: Upper Saddle River. -P. 750. ISBN:0-13-067389-7. (in Eng.).

Kwadzogah, Roger Kobla (2014). Modeling, control and simulation of control-affine nonlinear systems with state-dependent transfer functions. *Dissertations*. 164. (in Eng.).

Liao X.X., Wang L.Q., Yu P. (2007). *Stability of Dynamical Systems*. London: Elsevier, ISBN: 9780080550619. (in Eng.).

Tasbolatuly N. (2020). Large-scale practical control of indeterminate nonlinear systems of higher order and the creation of a software complex for it. *Almaty. Dissertations*. (in Kaz.).

Wu M., He Y., She J.H. (2010). *Stability Analysis and Robust Control of Time- Delay Systems*. – Beijing: Science Press. -P. 335. DOI:10.1007/978-3-642-03037-6 (in Eng.).

МАЗМҰНЫ

Г. Әбдіқалық, Ә. Мұқанова, А. Назырова CRF ЖӘНЕ RANDOM FOREST МОДЕЛДЕРІНІҢ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕ АТАЛҒАН ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ.....	7
Г.Б. Абдикеримова, М.Б. Есенова, Т.Т. Оспанова, У.Ж. Айтимова, М. Айтимов ҒАРЫШТЫҚ КЕСКІНДЕРДІ ӨНДЕУДЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕКСТУРАЛЫҚ ЛАВС МАСКАЛАР ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	18
Б.У. Асанова, Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, Г.Ж. Шүйтенов, Э.М. Дюсембина ТҮРЛІ СИПАТТАҒЫ ҚОЛ ЖЕТІМДІ АҚПАРАТТАР НЕГІЗІНДЕ БАЯУ КОКСТЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСҚАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АГРЕГАТТАРЫ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	28
Г.Б. Бахадирова, Н. Тасболатұлы, А.С. Муканова, Ш. Тураев MATLAB SIMULINK-ТЕ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕ ҮШІН КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫ СЫЗЫҚТЫҚ БАСҚАРУДЫ ЖОБАЛАУ.....	44
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ VILSTM И АЛГОРИТМА САМОВНИМАНИЯ.....	62
Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева CNN НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚ ҒЫМ ТІЛІН ТАҢУ.....	76
К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсегұл ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ МОДЕЛІН ТАҢДАУ.....	88
А. Муканова, А. Муханова, Т. Оспанова, А. Бакиева, В. Махатова ҚҰЗЫРЕТТІК ТӘСІЛДЕР НЕГІЗІНДЕГІ БІЛІМ БЕРУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАҢЫЗДЫ АСПЕКТІЛЕРІ.....	99
Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, М. Сағынай, Ж.Ы. Елтай, К.Б. Багитова ЭКСТРЕМИСТІК МӘЛІМЕТТЕР ТҮСІНІГІ ЖӘНЕ ЭКСТРЕМИЗМГЕ ҚАРСЫ КҮРЕС ЖОБАЛАРЫНА ЖҮЙЕЛІК ШОЛУ.....	112
Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Жунусова, Б. Жұмажанов КҮРДЕЛІ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ БАР ТІЛГЕ АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	131
Б.Т. Рзаев, Ж.Т. Бельдеубаева, И.М. Увалиева СТЕКИНГ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АҚПАРАТТЫҚ ЖЕЛІДЕГІ ЗИЯНДЫ ДЕРЕКТЕРДІ АНЫҚТАУ.....	147
Н.С. Баймулдина, Г.Н. Скабаева, А.Д. Жақсыбаева БИОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУІ.....	161
А.Ә. Таурбекова, Ө.Ж. Мамырбаев, Б. Т. Қарымсакова, Б. Ж. Жұмажанов МАГМАНЫҢ ШЫҒУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	176
Г.С. Шаймерденова, Р.А. Саркулакова, М.М. Тұрғанбекова, Б.Ө. Тастанбекова, М.Т. Байжанова, МОБИЛЬДІ ЖӘНЕ ОНЛАЙН-БАНКИНГТЕГІ ЖЕТІСТІКТЕР: ТЕХНОЛОГИЯЛАР МЕН ИННОВАЦИЯЛАРДЫ КЕШЕНДІ ТАЛДАУ.....	193
Я. Кучин, Н. Юничева, Р.И. Мухамедиев, Е. Мухамедиева МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН ҚАБАТТЫҢ ТОТЫҒУ АЙМАҚТАРЫН ОҚШАУЛАУ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУ.....	210

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Абдикалык, А. Муканова, А. Назырова РАСПОЗНАВАНИЕ ИМЕНОВАННЫХ ИМЕНОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ В КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ CRF И RANDOM FOREST: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	7
Г.Б. Абдикеримова, М.Б. Есенова, Т.Т. Оспанова, У.Ж. Айтимова, М. Айтимов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАТИВНОЙ ТЕКСТУРНОЙ МАСОК ЛАВСА ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	18
Б.У. Асанова, Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, Г.Ж. Шуйтенов, Э.М. Дюсембина МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНОГО ХАРАКТЕРА.....	28
Г.Б. Бахадирова, Н. Тасболатұлы, А.С. Муканова, Ш.Тураев ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB SIMULINK.....	44
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ VILSTM И АЛГОРИТМА САМОВНИМАНИЯ.....	62
Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева РАСПОЗНАВАНИЕ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА НА ОСНОВЕ CNN.....	76
К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсегұл ВЫБОР МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	88
А. Мукашова, А. Муханова, Т. Оспанова, А. Бакиева, В. Махагова ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ, ОСНОВАННЫХ НА КОМПЕТЕНТНОСТНОМ ПОДХОДЕ.....	99
Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, М. Сағынай, Ж.Ы. Елтай, К.Б. Багитова ПОНЯТИЕ ЭКСТРЕМИСТСКИХ ДАННЫХ И СИСТЕМНЫЙ ОБЗОР ПРОЕКТОВ ПО БОРЬБЕ С ЭКСТРЕМИЗМОМ.....	112
Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Жунусова, Б. Жумажанов ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЯЗЫКОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЯЗЫКА СО СЛОЖНОЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ.....	131
Б.Т. Рзаев, Ж.Т. Бельдеубаева, И.М. Увалнева ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВРЕДОНОСНЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СТЕКИНГА.....	147
Н.С. Баймулдина, Г.Н. Скабаева, А.Д. Жақсыбаева ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ.....	161
А.А. Таурбекова, О.Ж. Мамырбаев, Б.Т. Карымсакова, Б.Ж. Жумажанов ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ МАГМЫ.....	176
Г.С. Шаймерденова, Р.А. Саркулакова, М.М. Турганбекова, Б.О. Тастанбекова, М.Т. Байжанова ДОСТИЖЕНИЯ В МОБИЛЬНОМ И ОНЛАЙН-БАНКИНГЕ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИЙ.....	193
Я. Кучин, Н. Юничева, Р.И. Мухамедиев, Е. Мухамедиева ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН ПЛАСТОВОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	210

CONTENTS

G. Abdikalyk, A. Mukanova, A. Nazyrova NAMED ENTITY RECOGNITION FOR KAZAKH LANGUAGE USING CRF AND RANDOM FOREST MODELS: A COMPARATIVE STUDY.....	7
G.B. Abdikerimova, M.B. Yessenova, T.T. Ospanova, U.Zh Aitimova, M. Murat USE OF INFORMATION TEXTURE LAWS MASK METHODS IN SPACE IMAGE PROCESSING.....	18
B. Assanova, B. Orazbayev, Zh. Moldasheva, G. Shuitenov, E. Dyussembina METHODOLOGY FOR DEVELOPING MODELS OF INTERRELATED TECHNOLOGICAL UNITS OF A DELAYED COKING UNIT ON THE BASIS OF AVAILABLE INFORMATION OF A DIFFERENT NATURE.....	28
G.B. Bahadirova, H. Tasbolatuly, A.S. Mukanova, Sh. Turaev DESIGNING LINEAR FEEDBACK CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM IN MATLAB SIMULINK.....	44
Y.S. Golenko, A.A. Ismailova PROTEIN FUNCTION PREDICTION USING THE COMBINATION OF BILSTM AND SELF-ATTENTION ALGORITHM.....	62
L. Zholshiyeva, T. Zhukabayeva, Sh. Turaev, M. Berdieva KAZAKH SIGN LANGUAGE RECOGNITION BASED ON CNN.....	76
K. Kadirkulov, A. Ismailova, A. Beissegul SELECTION OF A MACHINE LEARNING MODEL FOR INTERPRETING LABORATORY RESULTS.....	88
A. Mukashova, A. Mukanova, T. Ospanova, A. Bakiyeva, V. Makhatova IMPORTANT ASPECTS OF DEVELOPING EDUCATIONAL PROGRAMS BASED ON THE COMPETENCY-BASED APPROACH.....	99
Sh. Mussiraliyeva, M. Bolatbek, M. Sagynay, Zh. Yeltay, K. Bagitova THE CONCEPT OF EXTREMIST DATA AND A SYSTEMATIC REVIEW OF ANTI-EXTREMISM PROJECTS.....	112
D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Zhunussova, B. Zhumazhanov STUDY OF MODERN METHODS OF LANGUAGE MODELING FOR A LANGUAGE WITH A COMPLEX MORPHOLOGICAL STRUCTURE.....	131
B. Rzayev, Zh. Beldeubayeva, I. Uvaliyeva IDENTIFICATION OF MALICIOUS DATA IN THE INFORMATION NETWORK BY USING THE STACKING METHOD.....	147
N.S. Baimuldina, G.N. Skabayeva, A. Zhaksybayeva PROJECT MANAGEMENT SOFTWARE IN THE FIELD OF BIOTECHNOLOGY.....	161
A.A. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbaev, B.T. Karymsakova, B.Zh. Zhumazhanov INVESTIGATIONS OF MAGMA OUTPUT PROCESS.....	176
G.S. Shaimerdenova, R.A. Sarkulakova, M.M. Turganbekova, B.O. Tastanbekova, M.T. Baizhanova ADVANCEMENTS IN MOBILE AND ONLINE BANKING: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS.....	193
Y. Kuchin, N. Yunicheva, R.I. Mukhamediev, E. Mukhamedieva ESTIMATION OF THE POSSIBILITY TO SELECT RESERVOIR OXIDATION ZONES BY MACHINE LEARNING METHODS.....	210

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Подписано в печать 28.09.2023.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

18,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.