

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының Ғылым
Академиясының Алматыдағы
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университетінің

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
al-Farabi Kazakh National University

SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL

4 (338)

JULY – AUGUST 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физикалық-математикалық сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физико-математическая» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

МҰТАНОВ 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

Редакция алқасы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сағпаев 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 Hemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика) Н=28

ЖҮСПОВ 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

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тілекқабыл 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), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н=26

«ҚР ҰҒА Хабарлары.

Физика-математикалық 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: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 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/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (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

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тлеккабул 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 физико-математическая».

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: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 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/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

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

Editorial board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, (Deputy Editor-in-Chief), 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

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

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. Physical-mathematical series.
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-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

Periodicity: 6 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/>

Есмагамбетов Б.С.*, Апсеметов А.Т., Балабекова М.О., Каюмов К.Г., Джакибаев А.Ш.

Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан.

E-mail: bulatbatyr@mail.ru

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация: современное состояние развития космической техники и технологий характеризуется стремительным ростом объемов измерительной информации, что приводит к дополнительным трудностям при ее хранении, обработке и передаче. Получаемые в ходе эксперимента данные стали составлять огромные потоки. Необходимость обработки больших потоков данных в разумные сроки привела к необходимости использования различных методов сжатия данных в системах сбора и обработки бортовой информации космических летательных аппаратов. Как правило, в спектре измеряемых параметров доминирующее положение занимают широкополосные быстроменяющиеся процессы, поэтому внедрение методов квазиобратимого сжатия данных только для медленно меняющихся процессов, во-первых, не решает проблемы совокупного сокращения объема передаваемых данных и разгрузки канала передачи данных, а во-вторых, не позволяет существенно сократить сроки экспериментальных исследований из-за отсутствия возможности оперативного использования всей измеряемой информации. Таким образом, особую актуальность приобретает задача сжатия широкополосных сигналов, которые составляют всего (10-30) % от общей номенклатуры измеряемых параметров, но загружают канал передачи на (60-80)%. Наиболее изученными сейчас являются методы квазиобратимого сжатия данных в силу их большей простоты по сравнению с необратимыми методами. Основные рекомендации можно свести к тому, что самые простые алгоритмы сжатия типа полиномов нулевого и первого порядка обеспечивают достаточно высокие коэффициенты сжатия и простоту реализации. Трудности в реализации методов необратимого сжатия существенно выше, несмотря на то, что эффективность их в смысле сокращения избыточности данных на порядок выше. Это объясняется тем, что обрабатываемые на борту данные очень часто представляют единственную реализацию нестационарных случайных процессов в условиях априорной неопределенности о виде функции распределения измеряемого процесса. Современная математическая статистика не располагает методами для оценки вероятностных характеристик таких процессов. К тому же реализация необратимых методов сжатия даже при высоких требованиях к точности получения оценок связана с большими объемами памяти вычислителя и его быстродействием. В статье раскрывается возможность обработки нестационарных случайных процессов с использованием непараметрических методов теории решений.

Ключевые слова: Сжатие данных, радиотелеметрические системы, канал связи, непараметрические методы теории решений, порядковые статистики, статистика Кендалла.

Введение: необратимое сжатие данных (НСД) заключается в определении на передающей стороне информационно-измерительной системы оценок вероятностных характеристик измеряемых случайных процессов и передача их по каналам связи. Такой подход оказывается достаточным во многих случаях для суждения о правильности функционирования наблюдаемых систем и для диагностики нарушений их работы. Для широкополосных же процессов необратимые методы сжатия являются единственно приемлемым способом обработки бортовой радиотелеметрической информации. Алгоритмы НСД имеют ряд особенностей, отличающих их от обычных способов оценивания вероятностных характеристик случайных процессов.

Основной особенностью является возможность анализа единственной реализации нестационарного случайного процесса при отсутствии априорных сведений. Это достигается с помощью

непараметрических методов теории решений. Последние позволяют построить единообразные алгоритмы для таких различных процедур, как проверка достоверности отдельных дискретных отсчетов из реализации процесса, обнаружение и выделение аддитивной и мультипликативной составляющих как монотонной, так и колебательной структуры, обнаружение интервалов стационарности и нестационарности, вычисление вероятностных характеристик стационарной составляющей. Определение на некотором интервале T максимального X_{\max} и X_{\min} минимального значений процесса, представленного некоррелированными отсчетами, и передача их по каналам связи позволяет судить на приемной стороне о среднем значении $\tilde{m}_x = 0,5 (X_{\max} + X_{\min})$, о среднеквадратическом отклонении процесса $\tilde{\sigma}_x = v (X_{\max} - X_{\min})$, а также о непараметрическом допустимом интервале, заключающем в себе определенную часть генеральной совокупности с фиксированной заданной вероятностью. Другой отличительной особенностью алгоритмов НСД, связанной с ограничениями на массу, габариты и энергопотребление бортовой аппаратуры, является простота их реализации на существующих микропроцессорах и микроЭВМ, модульность построения программ. Последнее обстоятельство особенно важно в случае обработки широкополосных (более 1 КГц) сигналов, в связи с лимитированием времени обработки, что исключает использование сложных итеративных и адаптивных процедур.

Материалы и методы. Использование непараметрических методов теории статистических решений возможно, если структура измеряемого процесса может быть описана аддитивно-мультипликативной моделью вида (рисунок 1):

$$y(t) = G(t) \cdot X(t) + F(t),$$

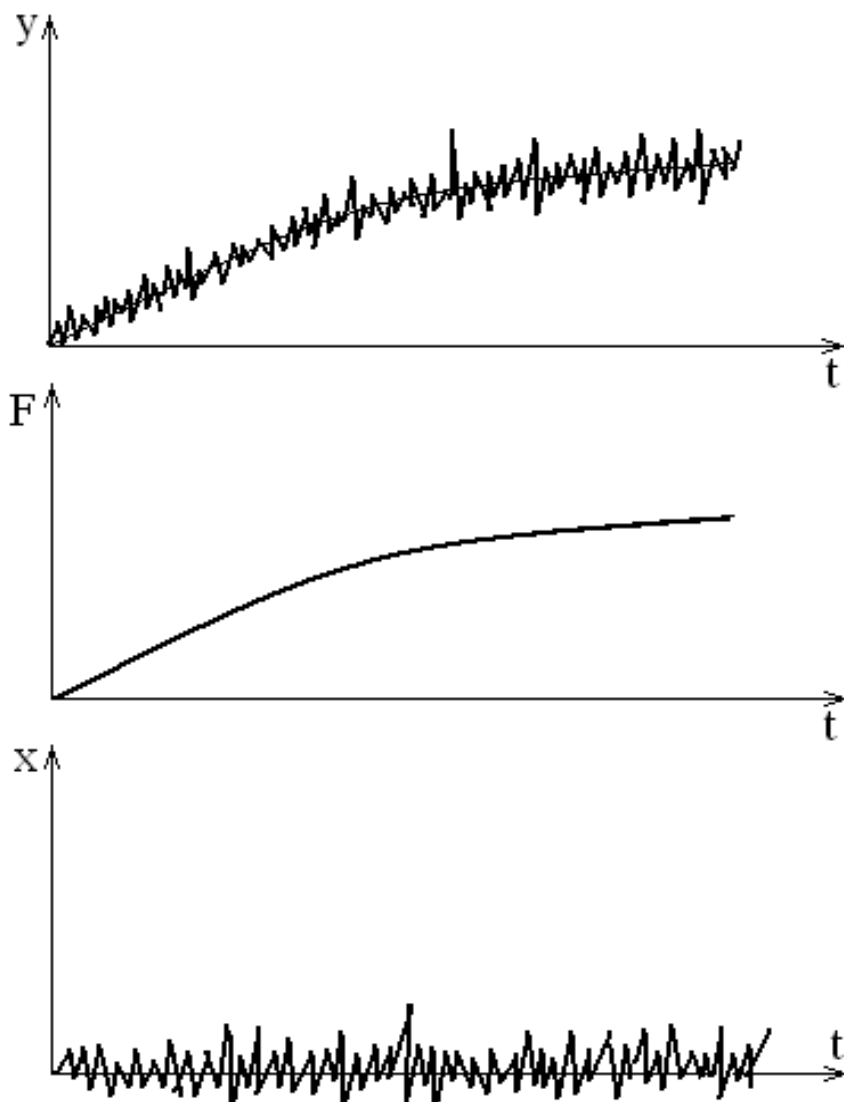


Рис. 1. Аддитивно-мультипликативная модель сигнала

где: $F(t) = \tilde{m}_y(t)$ – оценка нестационарного среднего процесса; $G(t) = D_y(t)$ – оценка нестационарной дисперсии. Составляющая $X(t)$ в данном случае является стационарным случайным процессом.

Для получения оценки $F(t)$ можно воспользоваться различными способами оптимальной фильтрации (например, фильтром Калмана - Бьюси). Однако, для построения алгоритма фильтрации необходимо априорное знание формы распределения и спектральной плотности процесса. К тому же, методы фильтрации не позволяют получить оценок других вероятностных характеристик стационарной составляющей. Такая постановка задачи может быть достаточной в тех случаях, когда необходима информация только о полезном сигнале $F(t)$, но для целей полной обработки необходимо получить сведения и о составляющих процесса $G(t)$ и $X(t)$.

В таких случаях, как уже отмечалось выше, можно построить алгоритмы оценивания вероятностных характеристик измеряемого случайного процесса с помощью непараметрических статистик.

Результаты исследования. Известно [1], что непараметрической статистикой называют некоторую функцию случайной величины с неизвестным распределением вероятностей. Сама эта функция обладает известным распределением, свойства которого некоторым образом характеризуют свойства неизвестного распределения исходной случайной величины. Зная распределение непараметрической статистики, можно с его помощью сформулировать и проверить разные гипотезы о свойствах неизвестных распределений (например, их симметрии, нормальности, стационарности и так далее).

Рассмотрим наиболее употребительные непараметрические статистики.

Пусть $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ – вектор выборочных значений из процесса $y(t)$, полученный дискретизацией его во времени с шагом Δt , причем $\Delta t > \tau_k$, где τ_k – интервал корреляции процесса. Определим знаковую функцию наблюдений в виде

$$\text{sign } y = \frac{y}{|y|} = \begin{cases} 1, & y \geq 0 \\ -1, & y < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Введем в рассмотрение функцию единичного скачка или положительный знаковый вектор

$$u(y) = \begin{cases} 1, & y \geq 0 \\ 0, & y < 0 \end{cases}$$

связанный со знаковой функцией соотношением

$$2u(y) = \text{sign } y + 1. \quad (2)$$

Функции (1) и (2) называют знаковыми статистиками или элементарными инверсиями, а вектор

$$\bar{u}(y) = \{u_1(y), u_2(y), \dots, u_n(y)\},$$

составленный из знаковых статистик – знаковым вектором.

Знаковая статистика может быть основной для синтезирования обобщенных инверсий разного порядка. Так, можно сформировать обобщенные инверсии первого порядка

$$T = \sum_{k=i+1}^n u(y_i, y_k), \quad (3)$$

обобщенные инверсии второго порядка

$$T^2 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n u(y_i, y_k), \quad (4)$$

Переменная T^2 известна в литературе как статистика Кендалла. Распределение статистик (3) и (4) является биномиальным с объемом выборки $n/2$ и $n(n-1)/2$ соответственно.

Перечисленные выше статистики можно использовать для целей необратимого сжатия данных, суть которых, как уже отмечалось выше, заключается в разделении исходного случайного процесса на нестационарную составляющую и стационарный случайный процесс.

Рассмотрим алгоритм выделения нестационарной компоненты при помощи статистики Кендалла, являющейся более мощной среди других непараметрических статистик [2]. Суть алгоритма заключается в разделении интервала наблюдения на интервалы стационарности, которые одновременно являются интервалами сжатия данных.

Использование статистики Кендалла (или любой другой непараметрической статистики) позволяет довольно легко разделить временной ряд $y(t)$ на конечное множество квазистационарных с наперед заданной вероятностью $P=1-\alpha$ интервалов времени по таким параметрам, как среднее $m[y(t)]$ и дисперсия $D[y(t)]$. Процедура деления заключается в вычислении текущих значений T^2 и допустимых границ $T^2_{\min} [i; 1-\alpha/2]$ и $T^2_{\max} [i; \alpha/2]$, и в проверке условия о стационарности по критерию Неймана-Пирсона [3]:

$$T^2_{\min} < T^2_i \leq T^2_{\max}. \quad (5)$$

Распределение переменной Кендалла при объемах выборки $n > 10$ мало отличается от нормального со средним $M[T^2]$ и дисперсией $D[T^2]$.

Тогда значения допустимых границ порогов решающего правила можно определить из соотношения

$$T^2_{\min} = M[T^2] - X_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{D[T^2]},$$

$$T^2_{\max} = M[T^2] + X_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{D[T^2]},$$

где $X_{\frac{\alpha}{2}}$ – процентная точка нормального распределения.

Границы интервалов квазистационарности определяются абсциссой $n_{\text{кст}}, K=1, 2, \dots, N$, в момент пересечения линией обобщенных инверсий T^2_i с одной из допустимых кривых T^2_{\max} или T^2_{\min} , определяющими область G_0 принятия гипотезы о стационарности и последующим сбросом как T^2_i , так и T^2_{\max} и T^2_{\min} для точки $n_{\text{кст}}+1$ в исходное положение, то есть $T^2_i = T^2_{\max} = T^2_{\min} = 0$ (рисунок 2). Далее определяется длительность следующего интервала стационарности, начиная с точки $n_{\text{кст}}+1$ в момент пересечения T^2_i с T^2_{\max} или T^2_{\min} и так далее определения последнего интервала стационарности.

Обсуждение. Погрешность выделения нестационарного среднего зависит от таких параметров алгоритма, как уровень значимости α , шаг дискретизации Δt и объем наблюдений N на интервале наблюдения T . Выбор этих параметров оказывается крайне важным не только с точки зрения точности выделения, но и с точки зрения объема вычислительных затрат, если учесть широкополосность процессов.

Применение порядковых статистик позволяет использовать довольно простые процедуры для оценки среднего, основанные на центральных порядковых статистиках (ЦПС) ранжированного ряда [4]:

$$\tilde{m}_{11} = x_{(n)},$$

и среднеквадратического отклонения, основанные на крайних порядковых статистиках:

$$\sigma = v (x^{(N)} - x^{(1)})$$

где v – коэффициент, зависящий от объема наблюдений на интервале квазистационарности. Рекомендуется выбирать $v = 1/3$ при $n < 12$ и $v = 1/4$ при $n > 12$.

Для оценивания функции распределения и корреляционной функции можно применить формулы использующие ранговые статистики [5]:

$$F(x) = R/(N+1),$$

$$\rho_k(j) = K(N) \sum_{i=1}^{N-j} R_i - 1.$$

Здесь R – ранг элемента, K – постоянная Кендалла, N – объем наблюдений на интервале квазистационарности.

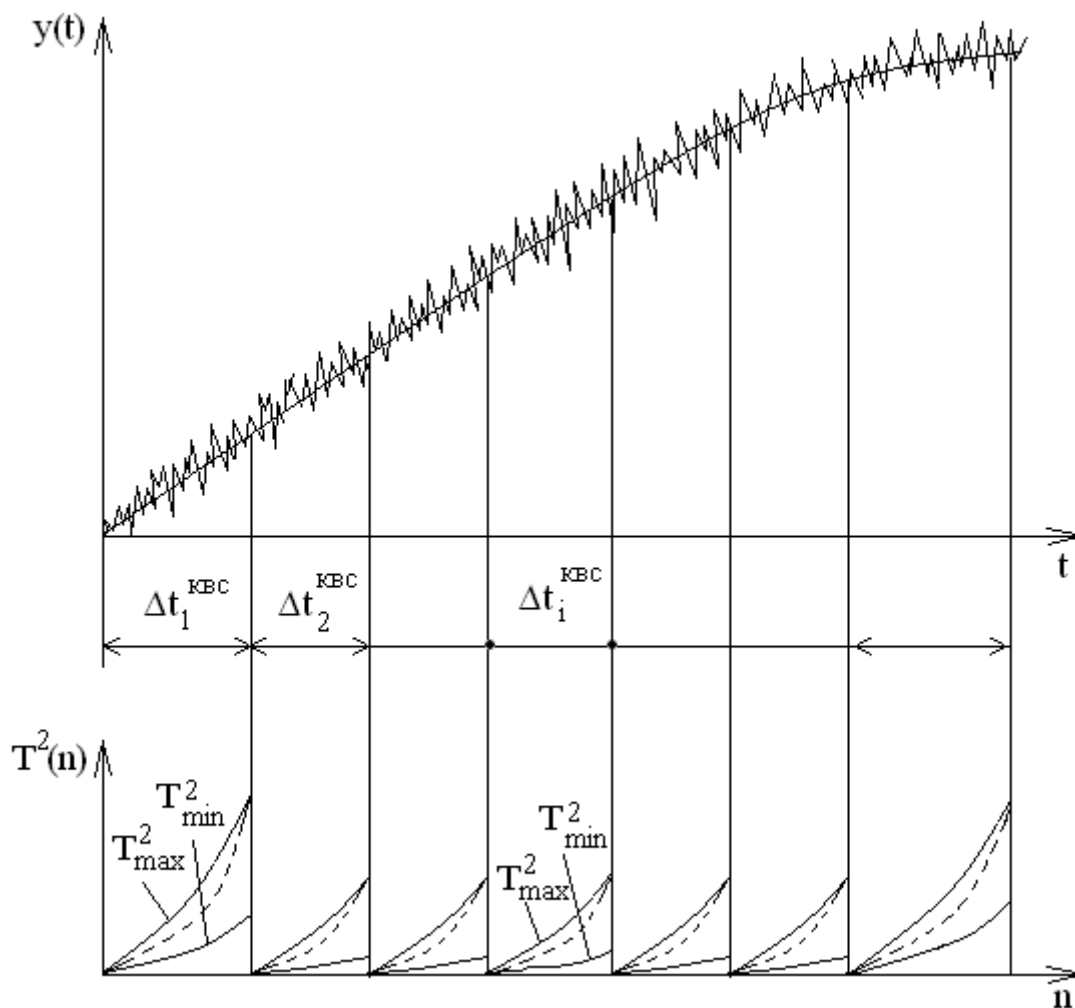


Рис. 2. Деление интервала наблюдений на интервалы квазистационарности

Заключение. Рассмотренные в статье методы обработки нестационарных широкополосных случайных процессов имеют особую актуальность в радиотелетрических системах космических летательных аппаратов, в которых сбор и обработка данных, как правило, осуществляются в реальном темпе времени в условиях априорной неопределенности о статистических свойствах измеряемого процесса. Отличительной особенностью таких систем сбора и обработки данных является также ограничения на массогабаритные характеристики и энергопотребление бортовых вычислительных систем, что, в свою очередь, ограничивает использование высокопроизводительных систем и бортовых накопителей сколь угодно большой емкости. Использование широко известных методов квазиобратимого сжатия данных становится совершенно не пригодным. Решение проблемы возможно на базе рассмотренных в статье непараметрических методов теории решений.

Есмағамбетов Б.С.*, Апсеметов А.Т., Балабекова М.О., Каюмов К.Г., Джакибаев А.Ш.

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан.
E-mail: bulatbatyr@mail.ru

КЕЗДЕЙСОҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ЫҚТИМАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ПАРАМЕТРЛІК ЕМЕС БАҒАЛАУ

Аннотация: Ғарыш техникасы мен технологияларын дамытудың қазіргі жай-күйі өлшеу ақпараты көлемінің қарқынды өсуімен сипатталады, бұл оны сақтау, өңдеу және беру кезінде қосымша қиындықтарға әкеп соғады. Эксперимент барысында алынған деректер орасан зор ағымдарды құра

бастады. Деректердің үлкен ағынын ақылға қонымды мерзімде өңдеу қажеттілігі ғарыштық ұшу аппараттарының борттық ақпаратын жинау және өңдеу жүйелерінде деректерді қысудың әртүрлі әдістерін пайдалану қажеттілігіне әкелді. Әдетте, өлшенетін параметрлер спектрінде кең жолақты жылдам өзгеретін процестер үстем орын алады, сондықтан баяу өзгеретін процестер үшін ғана деректерді квази қайтымды сығымдау әдістерін енгізу біріншіден, берілетін деректер көлемін жиынтық қысқарту және деректерді беру арнасын түсіру проблемасын шешпейді, ал екіншіден, эксперименттік зерттеулердің мерзімін айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік бермейді. Осылайша, өлшенетін параметрлердің жалпы номенклатурасының небәрі (10-30)% -ын құрайтын, бірақ тарату арнасын (60-80)% -ке жүктейтін кең жолақты сигналдарды сығу міндеті ерекше өзектілікке ие болады. Қазір қайтымсыз әдістермен салыстырғанда олардың неғұрлым қарапайымдылығына байланысты деректерді квази қайтымды сығымдау әдістері неғұрлым зерттелген болып табылады. Негізгі ұсынымдарды нөлдік және бірінші реттік полиномдар түріндегі ең қарапайым сығылу алгоритмдері сығылу коэффициенттерінің жеткілікті жоғары болуын және іске асырудың қарапайымдылығын қамтамасыз ететіндігіне жеткізуге болады. Қайтымсыз сығылу әдістерін іске асырудағы қиындықтар, олардың тиімділігі деректердің артық болуын қысқарту мағынасында тәртіптен жоғары болғанына қарамастан, айтарлықтай жоғары. Бұл бортта өңделетін деректердің өлшенетін процесті бөлу функциясының түрі туралы априорлы белгісіздік жағдайында стационарлық емес кездейсоқ процестердің бірден-бір іске асырылуын білдіруімен түсіндіріледі. Қазіргі математикалық статистиканың мұндай процестердің ықтимал сипаттамаларын бағалау үшін әдістері жоқ. Оның үстіне сығымдаудың қайтымсыз әдістерін іске асыру, тіпті бағалауды алудың дәлдігіне қойылатын жоғары талаптардың өзінде есептеуіш жадының үлкен көлемімен және оның жылдам іс-қимылымен байланысты. Мақалада шешімдер теориясының параметрлік емес әдістерін пайдалана отырып, стационарлық емес кездейсоқ процестерді өңдеу мүмкіндігі ашылады.

Түйін сөздер. Деректерді сығу, радиотелеметриялық жүйелер, байланыс арнасы, шешімдер теориясының параметрлік емес әдістері, реттік статистикалар, Кендалл статистикасы.

Yesmagambetov B.B. *, Apsemetov A., Balabekova M.O., Kayumov K.G., Jakibayev A.

South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: bulatbatyr@mail.ru

NON-PARAMETRIC ESTIMATION OF PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF RANDOM PROCESSES

Abstract: the current state of development of space technology and technologies is characterized by a rapid increase in the volume of measuring information, which leads to additional difficulties in its storage, processing and transfer. The data obtained during the experiment began to form huge flows. The need to process large data streams within a reasonable time frame has led to the need for different methods of data compression in spacecraft data collection and processing systems. As a rule, the spectrum of measured parameters is dominated by broadband fast-changing processes, therefore, the introduction of quasi-reversible data compression methods only for slowly changing processes, firstly, does not solve the problem of a combined reduction in the volume of transmitted data and the unloading of the data transmission channel, and secondly, it does not significantly reduce the time of experimental research due to the inability to quickly use all the measured information. Thus, the task of compressing broadband signals, which make up only (10-30)% of the total range of measured parameters, but load the transmission channel by (60-80)%, becomes especially urgent. The most studied methods are now quasi-reversible compression of data due to their simplicity compared to irreversible methods. The main recommendations can be reduced to the fact that the simplest compression algorithms of the type of zero and first order polynomials provide sufficiently high compression coefficients and ease of implementation. The difficulties in implementing irreversible compression methods are significantly higher, despite the fact that their effectiveness in terms of reducing data redundancy is an order of magnitude higher. This is due to the fact that data processed on board very often represent the only implementation of non-stationary random processes in conditions of a priori uncertainty about the form of the distribution function of the measured process. Modern mathematical statistics do not have methods for assessing the probabilistic characteristics of such processes. In addition, the implementation of irreversible compression methods, even with high requirements for the accuracy of obtaining estimates, is associated with large amounts of computer memory and its speed. The article reveals the possibility of processing non-stationary random processes using non-parametric methods of solution theory.

Key words: data compression, radiotelemetry systems, communication channel, non-parametric methods of decision theory, ordinal statistics, Kendall statistics.

Information about author:

Yesmagambetov Bulat-Batyr – Doctor of Technical Sciences, Professor of South Kazakhstan University named after M. Auezov, bulatbatyr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2825-5200>;

Apsemetov Abdulkhak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of South Kazakhstan University named after M. Auezov, aabdulkhak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0581-0777>;

Balabekova Madina Orazaliyevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of South Kazakhstan University named after M. Auezov, dadyiba@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5558-3472>;

Kayumov Kamil Gafutdinovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of South Kazakhstan University named after M. Auezov, kayumov17@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8878-3207>;

Jakibayev Akhmediya – Senior Lecturer of South Kazakhstan University named after M. Auezov, airus64mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5454-1302>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sprent P., Smeeton N.C. Applied Nonparametric Statistical Methods. Chapman and Hall/CRC, 2001, 462 pages.
2. Yesmagambetov B.S., Inkov A.M. Handling of fast changing processes in radiotelemetry systems of space vehicles. Journal of Systems Engineering and Electronics. Vol. 26, No. 5. Beijing, October 2015, pp. 941 – 945.
3. Yesmagambetov B.S., Ajmenov Zh., Inkov A. Ismailov S., Saribaev A. Statistical data processing in rocket-space technology. Modern Applied Science, Vol.9, №8. Canadian Center of Science and Education, 2015. P317-334.
4. Paul H. Kvam, Brani Vidakovic. Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering. John Wiley & Sons, Inc, 2007.
5. Gamiz M.L. et al Applied Nonparametric Statistics in Reliability. Springer, 2011, 230 pages.

REFERENCES

1. Sprent P., Smeeton N.C. Applied Nonparametric Statistical Methods. Chapman and Hall/CRC, 2001, 462 pages.
2. Yesmagambetov B.S., Inkov A.M. Handling of fast changing processes in radiotelemetry systems of space vehicles. Journal of Systems Engineering and Electronics. Vol. 26, No. 5. Beijing, October 2015, pp.941 – 945.
3. Yesmagambetov B.S., Ajmenov Zh., Inkov A. Ismailov S., Saribaev A. Statistical data processing in rocket-space technology. Modern Applied Science, Vol.9, №8. Canadian Center of Science and Education, 2015. P317-334.
4. Paul H. Kvam, Brani Vidakovic. Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering. John Wiley & Sons, Inc, 2007.
5. Gamiz M.L. et al Applied Nonparametric Statistics in Reliability. Springer, 2011, 230 pages.

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Бастыкова Н.Х., Коданова С.К. ТЕРМОЯДРОЛЫҚ ҚАБЫРҒАЛЫҚ ПЛАЗМАДА ТОЗАҢДЫ БӨЛШЕКТЕРДІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ.....	6
Байсеитов Қ.М. КВАРК – ГЛЮОНДЫ ПЛАЗМАНЫҢ ДИЭЛЕКТРЛІК ФУНКЦИЯСЫ.....	15
Досымбетова Г.Б., Сванбаев Е.А., Жуман Г.Б., Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К. КОНЦЕНТРАЦИЯЛАУШЫ КРЕМНИЙЛІ КҮН БАТАРЕЯСЫН ЖАСАУ.....	25
Джазаиров-Кахраманов А.В., Имамбеков О., Карипбаева Л.Т., Стеблякова А.А. ${}^8\text{Li}(p,\gamma){}^9\text{Be}$ ҚАРМАУЫ КЕЗІНДЕ СӘЙКЕС ${}^9\text{Be}$ АСТРОФИЗИКАЛЫҚ СИНТЕЗІ ҮШІН РЕАКЦИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫНА РЕЗОНАНСТАРЫНЫҢ МӘНІ.....	31
Исмагамбетова Т.Н., Габдуллин М.Т., Ramazanov T.S. ЖАРТЫЛАЙ АЗҒЫНДАЛҒАН КВАЗИКЛАССИКАЛЫҚ ИОНДАРЫ БАР ТЫҒЫЗ СУТЕГІ ПЛАЗМАСЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	41
Ибраев А.Т. ЗАРЯДТАЛҒАН БӨЛШЕКТЕР КӨЗДЕРІНІҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ТЕОРИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	47
Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., В.М. Томозов ЖАРҚ ЕТУІ САЛДАРЫНАН ДАМЫҒАН ҰЗАҚ ГАММА – СӨУЛЕЛЕРІНІҢ ҮДЕМЕЛІ ПРОТОНДАР АҒЫНЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ.....	55
Садыков Т.Х., Аргынова А.Х., Жуков В.В., Новолодская О.А., Пискаль В.В. «АДРОН-55» ТЯНЬ-ШАНЬ ИОНДАУШЫ - НЕЙТРОНДЫ КАЛОРИМЕТРІНІҢ ПЕРИФЕРИЯЛЫҚ ДЕТЕКТОРЛАРЫН ЖАҢҒЫРТУ».....	65
Саяков О., Жао Я., Машекова А. 3D СҮЙЫҚТЫҚ ПЕН ҚҰРЫЛЫМНЫҢ ЕКІ ЖАҚТЫ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІМЕН ҚАНАТТЫ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ.....	75
Терещенко В.М. СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАРДЫҢ ЖИНАҚТАЛҒАН КАТАЛОГЫН ҚҰРУДЫҢ ПАЙДАСЫ ТУРАЛЫ.....	82
ИНФОРМАТИКА	
Дайырбаева Э.Н., Ерімбетова А.С., Тойгожинова А.Ж. ӘР ТҮРЛІ МАТРИЦАЛАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, СТРИП ӘДІСІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КЕСКІНДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ НӘТИЖЕЛЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	89
Калижанова А., Вуйчик В., Кунельбаев М., Козбакова А., Амиргалиева Ж. МАТЛАВ ОРТАСЫНДА КӨЛБЕУ БРЭГГ ТОРЫ БАР ТАЛШЫҚТЫ -ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРДЫҢ СПЕКТРЛІК СИПАТТАМАЛАРЫН МОДЕЛЬДЕУ.....	96
Жантаев Ж.Ш., Қайранбаева А.Б., Қиялбаева А.К., Нұрпейсова Г.Б., Панюкова Д.В. ЗИЯТКЕРЛІК БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН МАҒЛҰМАТ ЖИНАУ: ӘДІСТЕР МЕН НӘТИЖЕЛЕР.....	108

МАТЕМАТИКА

Айсағалиев С.А., Севрюгин И.В., Исаева З.Б., Игликова М.Н. ШЕКТЕУЛЕР МЕН СЫЗЫҚТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТИІМДІ БАСҚАРУ.....	118
Дауылбаев М.Қ., Атахан Н., Асет Н. СИНГУЛЯРЛЫ АУЫТҚЫҒАН ИНТЕГРАЛДЫ-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУ ҮШІН БАСТАПҚЫ СЕКІРІСТІ ШЕТТІК ЕСЕБІ ШЕШІМІНІҢ АСИМПТОТИКАЛЫҚ ЖІКТЕЛУІ.....	126
Есмағамбетов Б.С., Апсеметов А.Т., Балабекова М.О., Каюмов К.Г., Джакибаев А.Ш. КЕЗДЕЙСОҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ҒЫҚТИМАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ПАРАМЕТРЛІК ЕМЕС БАҒАЛАУ.....	136
Иманбаев Н.С. КВАЗИСИНГУЛЯРЛЫ ИНТЕГРАЛДЫҚ ТЕНДЕУДІҢ ИНДЕКСІН ЕСЕПТЕУДІҢ ТОПОЛОГИЯЛЫҚ БІР ӘДІСІ ЖАЙЛЫ.....	143
Мырканова А.М., Аканова К.М., Ластовецкий А.Л. ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ КЕҢІСТІГІНІҢ АНИЗОТРОПИЯСЫ.....	151
Омарова Г.Т., Омарова Ж.Т. К ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ.....	165

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Бастыкова Н.Х., Коданова С.К. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ПРИСТЕНОЧНОЙ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ПЛАЗМЕ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ.....	6
Байсеитов К.М. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ КВАРК-ГЛЮОННОЙ ПЛАЗМЫ.....	15
Досымбетова Г.Б., Сванбаев Е.А., Жуман Г.Б., Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К. РАЗРАБОТКА КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	25
Джазаиров-Кахраманов А.В., Имамбеков О., Карипбаева Л.Т., Стеблякова А.А. ЗНАЧЕНИЕ РЕЗОНАНСОВ НА СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ ПРИ ${}^8\text{Li}(p,\gamma){}^9\text{Be}$ ЗАХВАТЕ ДЛЯ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО АСТРОФИЗИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ${}^9\text{Be}$	31
Исмагамбетова Т.Н., Габдуллин М.Т., Ramazanov T.S. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ С ЧАСТИЧНО ВЫРОЖДЕННЫМИ КВАЗИКЛАССИЧЕСКИМИ ИОНАМИ.....	41
Ибраев А.Т. КОРРЕКТИРОВКА ТЕОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ИСТОЧНИКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.....	47
Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКОВ УСКОРЕННЫХ ПРОТОНОВ ПРИ РАЗВИТИИ ВСПЫШЕК С ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ.....	55
Садыков Т.Х., Аргынова А.Х., Жуков В.В., Новолодская О.А., Пискаль В.В. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ДЕТЕКТОРОВ ТЯНЬ-ШАНСКОГО ИОНИЗАЦИОННО-НЕЙТРОННОГО КАЛОРИМЕТРА «АДРОН-55».....	65
Саяков О., Жао Я., Машекова А. 3D АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРЫЛА С ДВУСТОРОННИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ЖИДКОСТИ И КОНСТРУКЦИИ.....	75
Терещенко В.М. О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ СВОДНОГО КАТАЛОГА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.....	82

ИНФОРМАТИКА

Дайырбаева Э.Н., Еримбетова А.С., Тойгожинова А.Ж. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТРИП-МЕТОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МАТРИЦ.....	89
Калижанова А., Вуйчик В., Кунельбаев М., Козбакова А., Амиргалиева Ж. МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА С НАКЛОННОЙ РЕШЕТКОЙ БРЭГГА В СРЕДЕ MATLAB.....	96
Жантаев Ж.Ш., Кайранбаева А.Б., Киялбаев А.К., Нурпеисова Г.Б., Панюкова Д.В. СБОР ДАННЫХ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ: МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ.....	108

МАТЕМАТИКА

Айсагалиев С.А., Севрюгин И.В., Исаева З.Б., Игликова М.Н. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ.....	118
Дауылбаев М.Қ., Атахан Н., Асет Н. АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С НАЧАЛЬНЫМИ СКАЧКАМИ ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ.....	126
Есмагамбетов Б.С., Апсеметов А.Т., Балабекова М.О., Каюмов К.Г., Джакибаев А.Ш. НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	136
Иманбаев Н.С. ОБ ОДНОМ ТОПОЛОГИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ВЫЧИСЛЕНИЮ ИНДЕКСА КВАЗИСИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ.....	143
Мырканова А.М., Аканова К.М., Ластовецкий А.Л. АНИЗОТРОПИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН....	151
Омарова Г.Т., Омарова Ж.Т. К ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ.....	159

CONTENTS

PHYSICS

Bastykova N.Kh., Kodanova S.K. COMPUTER SIMULATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF DUST PARTICLES IN THE EDGE FUSION PLASMA.....	6
Baiseitov K.M. DIELECTRIC FUNCTION OF QUARK-GLUON PLASMA.....	15
Dosymbetova G.B., Svanbayev Ye.A., Zhuman G.B., Nurgaliyev M.K., Saymbetov A.K. DEVELOPMENT OF CONCENTRATING SILICON SOLAR CELLS.....	25
Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Imambekov O., Karipbayeva L.T., Steblyakova A.A. THE ROLE OF RESONANCES IN THE CAPTURE OF ${}^8\text{Li}(p,\gamma){}^9\text{Be}$ ON THE REACTION RATE OF THE RELEVANT ASTROPHYSICAL SYNTHESIS OF ${}^9\text{Be}$	31
Ismagambetova T.N., Gabdullin M.T., Ramazanov T.S. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF DENSE HYDROGEN PLASMAS WITH PARTIALLY DEGENERATE SEMICLASSICAL IONS.....	41
Ibrayev A.T. CORRECTION OF THE THEORY OF RESEARCHING THE PROPERTIES OF CHARGED PARTICLES SOURCES.....	47
Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M. CHARACTERISTICS OF ACCELERATED PROTONS FLUXES DURING THE DEVELOPMENT OF FLARES WITH PROLONGED GAMMA RADIATION.....	55
Sadykov T.Kh., Argynova A.Kh., Jukov V.V., Novolodskaya O.A., Piskal' V.V. MODERNIZATION OF THE PERIPHERAL DETECTORS OF TIEN-SHAN IONIZATION- NEUTRON CALORIMETER DETECTORS "HADRON-55".....	65
Sayakov O., Zhao Y., Mashekova A. 3D AERODYNAMIC ANALYSIS OF AWING WITH 2-WAY FLUID-STRUCTURE INTERACTION.....	75
Tereshchenko V.M. ABOUT EXPEDIENCY OF CREATION COMPILE CATALOGUE OF SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS.....	82

COMPUTER SCIENCE

Daiyrbayeva E., Yerimbetova A., Toigozhinova A. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF IMAGE RECOVERY BASED ON THE STRIP METHOD USING VARIOUS MATRICES.....	89
Kalizhanova A., Wojcik W., Kunelbayev M., Kozbakova A., Amirgaliyeva Zh. MODELING SPECTRAL CHARACTERISTICS OF FIBER-OPTIC SENSOR WITH TILTED BRAGG GRATING IN MATLAB MEDIUM.....	96
Zhantayev Zh., Kairanbayeva A., Kiyalbayev A., Nurpeissova G., Panyukova D. DATA COLLECTION FOR INTELLECTUAL FORECASTING: METHODS AND RESULTS.....	108

MATHEMATICS

Aisagaliev S.A., Sevryugin I.V., Issyaeva Z.B., Iglukova M.N. OPTIMAL CONTROL OF LINEAR SYSTEMS WITH CONDITIONS.....	118
Dauylbayev M.K., Atakhan N., Asset N. ASYMPTOTIC EXPANSION OF SOLUTION OF BVP WITH INITIAL JUMPS FOR SINGULARLY PERTURBED INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION.....	126
Yesmagambetov B.B., Apsemetov A., Balabekova M.O., Kayumov K.G., Jakibayev A. NON-PARAMETRIC ESTIMATION OF PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF RANDOM PROCESSES.....	136
Imanbaev N.S. ON A TOPOLOGICAL METHOD FOR CALCULATING THE INDEX OF QUASI-SINGULAR INTEGRAL EQUATION.....	143
Myrkanova A.M., Akanova K.M., Lastovetsky A.L. ANISOTROPY OF ECONOMIC SPACE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	151
Omarova G.T., Omarova Zh.T. TO THE INVERSE PROBLEM OF CELESTIAL MECHANICS.....	159

Publication Ethics and Publication Malpractice in 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)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 15.08.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
4,6 п.л. Тираж 300. Заказ 4.