

КИБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 519.8

Решение двухэтапной непрерывно-дискретной задачи оптимального разбиения–распределения с заданным положением центров подмножеств / Е.М. Киселева, О.М. Притоманова, С.А. Ус // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 3–15.

Лл.: 1. Табл.: 0. Библиогр.: 22 назви.

Аннотация. Предложены метод и алгоритм решения двухэтапной непрерывно-дискретной задачи оптимального разбиения–распределения, являющейся обобщением, с одной стороны, классической транспортной задачи на случай, когда объемы производства (хранения, переработки) в заданных пунктах не известны заранее, а отыскиваются как решение соответствующей непрерывной задачи оптимального разбиения множества непрерывно распределенных потребителей (поставщиков) на сферы обслуживания их этими пунктами, с другой стороны, дискретных двухэтапных производственно-транспортных задач на случай непрерывно распределенного потребителя. Работа предложенного алгоритма проиллюстрирована на решении модельной задачи.

Ключевые слова: бесконечномерное математическое программирование, оптимальное разбиение–распределение, транспортная задача, недифференцируемая оптимизация.

Розв'язання двоетапної неперервно-дискретної задачі оптимального розбиття–розподілу із заданим розташуванням центрів підмножин / О.М. Кісельова, О.М. Притоманова, С.А. Ус // Кибернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 3–15.

Анотація. Запропоновано метод і алгоритм розв'язання двоетапної неперервно-дискретної задачі оптимального розбиття–розподілу, яка є узагальненням, з одного боку, класичної транспортної задачі на випадок, коли обсяги виробництва (зберігання, переробки) в заданих пунктах не відомі заздалегідь, а відшукуються як розв'язок відповідної неперервної задачі оптимального розбиття множини неперервно розподілених споживачів (постачальників) на сфери обслуговування їх цими пунктами, з іншого боку, дискретних двоетапних виробничо-транспортних задач на випадок неперервно розподіленого споживача. Роботу запропонованого алгоритму проілюстровано на розв'язуванні модельної задачі.

Ключові слова: нескінченновимірне математичне програмування, оптимальне розбиття–розподілення, транспортна задача, недиференційовна оптимізація.

Solving a two-stage continuous-discrete optimal partitioning-allocation problem with a given position of the subsets centers / E.M. Kiseleva, O.M. Prytomanova, S.A. Us // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 3–15.

Abstract. A method and algorithm of solving a two-stage continuous-discrete optimal partitioning-allocation problem are proposed. On the one hand, this problem is a generalization of the classical transportation problem to the case where production (storage, recycling) volumes at specified points are unknown in advance, and are sought as a solution of the corresponding continuous problem of optimal partitioning of a set of continuously distributed consumers (suppliers) into their service areas by these points. On the other hand, this problem generalizes discrete two-stage production-transportation problems in the case of a continuously distributed consumer. The operation of the proposed algorithm is demonstrated by solving a model problem.

Keywords: infinite-dimensional mathematical programming, optimal partitioning-allocation, transportation problem, non-differentiable optimization.

УДК 681.3

Улучшение качества генерации текста с помощью меры связности / А.А. Марченко, О.С. Радивоненко, Т.С. Игнатова, П.В. Титарчук, Д.В. Железняков // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 16–25.

Лл.: 3. Табл.: 4. Библиогр.: 22 назви.

Аннотация. Взаимодействие на основе текста с использованием мобильных устройств стало повсеместным, его основными источниками являются социальные сети, мессенджеры, электронные письма, виртуальные помощники, приложения для обеспечения доступности и т.д. Это подразумевает необходимость создания систем облегчения ввода текста пользователем и разработки способов поддержки вербальной обратной связи. В этой статье мы обсуждаем метод генерации уникального текста для мобильных устройств и методологию его оценки в качестве решения обеих заявленных проблем. Мы рассматриваем возможности, предоставляемые использованием контекста (местоположение, погода, запланированные события и т.д.), ограничения вычислительных ресурсов и использования данных, а также присущую субъективность оценки творческой задачи с учетом разнообразия возможных приемлемых результатов. Сравнение с другими методами генерации текстов показывает, что использование метрик связности помогает достичь более высокого качества с точки зрения человеческого восприятия. Корреляция Спирмена между значениями предлагаемой метрики связности и человеческой оценкой читабельности текста составляет 0.86, что свидетельствует о высоком качестве метрики и эффективности метода в целом.

Ключевые слова: компьютерная лингвистика, автоматическая генерация естественно-языковых текстов, связность текстов, метрики связности текстов.

Покращення якості генерування тексту за допомогою міри зв'язності / А.А. Марченко, О.С. Радивоненко, Т.С. Ігнатова, П.В. Титарчук, Д.В. Железняков // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 16–25.

Анотація. Взаємодія, що ґрунтується на тексті з використанням мобільних пристроїв, стала повсюдною, її основними джерелами є соціальні мережі, месенджери, електронні листи, віртуальні помічники, застосунки для забезпечення доступності тощо. Це передбачає потребу у створенні систем полегшення введення тексту користувачем та розробленні способів підтримки вербального зворотного зв'язку. Описано метод генерації унікального тексту для мобільних пристроїв та методологію його оцінювання як розв'язки обох зазначених вище задач. Розглянуто можливості, надані використанням контексту (місцезнаходження, погода, заплановані події тощо), обмеження обчислювальних ресурсів та використання даних, а також притаманну суб'єктивність оцінювання творчої задачі з урахуванням різноманіття можливих прийнятних результатів. Порівняння з іншими методами генерації текстів свідчить про те, що використання метрик зв'язності дає змогу досягти більш високого рівня якості з погляду сприйняття людиною. Кореляція Спірмена між значеннями запропонованої метрики та оцінкою читабельності тексту людиною становить 0.86, що свідчить про високу якість метрики та ефективність методу в цілому.

Ключові слова: комп'ютерна лінгвістика, автоматичне генерування природномовних текстів, зв'язність текстів, метрики зв'язності текстів.

Improving text generation through introducing coherence metrics / O.O. MARCHENKO, O.S. Radyvonenko, T.S. Ignatova, P.V. Titarchuk, D.V. Zhelezniakov // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 16–25.

Abstract. Text-based interaction using mobile devices is now ubiquitous, its main outlets being social networks, messengers, email conversations, virtual assistants, accessibility applications, etc. Its status implies the need to facilitate text input by the user and to devise ways to provide verbal feedback. In this paper, we discuss a method of unique text generation for mobile devices and its evaluation methodology as a solution for both stated challenges. We consider the opportunities given by the use of context (location, weather, scheduled events, etc.), the limitations in terms of computational resources and data usage, and the inherent subjectivity of creative task assessment given the number variety of possibly acceptable outputs. The comparison with other text generation approaches shows that the use of coherence metrics helps to achieve higher quality in terms of human perception. The Spearman correlation between the values of the proposed coherence metric and the human assessment of text readability is 0.86, which indicates the high quality of the metrics and the effectiveness of the method as a whole.

Keywords: natural language processing, automatic natural language text generation, coherency, coherence metrics.

УДК 519-7/339.9

Моделирование управляющих воздействий банковской системы на функционирование экономики. I. Динамика и корректировка кризисных ситуаций / В.В. Хиленко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 26–34.

Лл.: 1. Табл.: 0. Бібліогр.: 15 назв.

Аннотация. Рассмотрен вопрос математического моделирования динамики мировой финансово-экономической системы. Отмечены особенности полной математической модели финансово-экономической системы. Обоснован выбор математического аппарата, оптимального для исследования данного класса моделей.

Ключевые слова: финансово-экономическая система, математическое моделирование, оптимизация управления, эффект «вспенивания», тихоновские системы, исследование больших систем, теорема Хиленко.

Моделивання керуючих впливів банківської системи на функціонування економіки. I. Динаміка і коригування кризових ситуацій / В.В. Хиленко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 26–34.

Анотація. Розглянуто питання математичного моделювання динаміки світової фінансово-економічної системи. Наведено особливі властивості повної математичної моделі фінансово-економічної системи. Обґрунтовано вибір математичного апарату, оптимального для дослідження такого класу моделей.

Ключові слова: фінансово-економічна система, математичне моделювання, оптимізація управління, ефект «спінання», тихоновські системи, дослідження великих систем, теорема Хиленко.

Modeling the control effects of the banking system on the functioning of the economy. I. Dynamics and adjustment of crisis situations / V.V. Khilenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 26–34.

Abstract. The paper is devoted to mathematical modeling of the dynamics of the global financial and economic system. The features of the full mathematical model of the financial-economic system are indicated and the choice of the mathematical apparatus optimal for the study of this class of models is justified.

Keywords: financial and economic system, mathematical modeling, control optimization, «splashing out» effect, Tikhonov's systems, the study of large systems, Khilenko's theorem.

УДК 517.11+519.92

Нечеткая математика при ограниченных возможностях назначения функций принадлежности / Ю.Н. Минаев, О.Ю. Филимонова, Ю.И. Минаева, Г.А. Филимонов // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 35–48.

Лл.: 3. Табл.: 3. Библиогр.: 23 назви.

Аннотация. Рассмотрено решение задач в условиях неопределенности в форме нечеткой математики на основе методов и моделей теории нечетких множеств при ограниченных возможностях определения (назначения) функции принадлежности. Предложен метод решения задач подобного типа, состоящий в определении скрытых знаний в виде подмножеств упорядоченных пар, вычисленных с использованием сингулярной декомпозиции специальных (теплицевых, ганкелевых и др.) матриц, сформированных на основе универсального множества. Приведены примеры, иллюстрирующие эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: нечеткое множество, тензорная декомпозиция, нечеткая математика, специальные матрицы.

Нечітка математика за обмежених можливостей визначення функцій належності / Ю.М. Мінаєв, О.Ю. Філімонова, Ю.І. Мінаєва, Г.О. Філімонов // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 35–48.

Анотація. Розглянуто розв'язування задач в умовах невизначеності у формі нечіткої математики на підставі методів і моделей теорії нечітких множин за обмежених можливостей визначення функцій належності. Запропоновано метод розв'язання задач подібного типу, який полягає у визначенні прихованих знань у вигляді підмножин упорядкованих пар, обчислених з використанням сингулярної декомпозиції спеціальних (теплицевих, ганкелевих та ін.) матриць, сформованих на основі універсальної множини. Наведено приклади, що ілюструють ефективність запропонованого методу.

Ключові слова: нечітка множина, тензорна декомпозиція, нечітка математика, спеціальні матриці.

Fuzzy mathematics under limited possibilities of assignment of membership functions / Yu.N. Minaev, O.Yu. Filimonova, J.I. Minaeva, G.A. Filimonov // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 35–48.

Abstract. We consider solution of problems under uncertainty in the form fuzzy of mathematics on the basis of methods and models of fuzzy set theory under limited possibilities of definition (assignment) of membership functions. We propose a method to solve such kind of problems, which defines hidden knowledge as subsets of ordered pairs computed with the use of singular value decomposition of special (Toeplitz, Hankel, and other's) matrices formed on the basis of universal set. We present examples that illustrate the efficiency of the proposed method.

Keywords: fuzzy set, tensor decomposition, fuzzy mathematics, special matrices.

УДК 519.7

Метод оценивания стойкости SNOW 2.0-подобных шифров относительно корреляционных атак над конечными расширениями поля из двух элементов / А.Н. Алексейчук, С.Н. Коношок, М.В. Поремский // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 49–63.

Лл.: 1. Табл.: 3. Библиогр.: 22 назви.

Аннотация. Предложен метод оценивания стойкости SNOW 2.0-подобных шифров относительно корреляционных атак, которые строятся по аналогии с известными атаками на шифр SNOW 2.0. В отличие от ранее известных предложенный метод ориентирован на обоснование стойкости и позволяет получать нижние оценки эффективности атак из рассматриваемого класса непосредственно по параметрам компонент поточных шифров аналогично тому, как это обосновывает стойкость блочных шифров относительно линейного криптоанализа. Применение метода к шифрам SNOW 2.0 и «Струмок» показывает, что любая из рассмотренных корреляционных атак на них над полем порядка 256 имеет среднюю временную сложность не менее $2^{146,20}$ и $2^{249,40}$ соответственно и требует не менее $2^{142,77}$ и $2^{249,38}$ соответственно знаков гаммы.

Ключевые слова: корреляционный криптоанализ, конечный автомат, дискретное преобразование Фурье, обоснование стойкости, шифр SNOW 2.0, шифр «Струмок».

Метод оцінювання стійкості SNOW 2.0-подібних шифрів відносно кореляційних атак над скінченими розширеннями поля з двох елементів / А.М. Олексійчук, С.М. Коношок, М.В. Поремський // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 49–63.

Анотація. Запропоновано метод оцінювання стійкості SNOW 2.0-подібних шифрів відносно кореляційних атак, які будуються за аналогією до відомих атак на шифр SNOW 2.0. На відміну від раніше відомих запропонований метод орієнтований на обґрунтування стійкості і дозволяє отримувати нижні

оцінки ефективності атак з розглянутого класу безпосередньо за параметрами компонент поточних шифрів аналогічно тому, як це робиться при обґрунтуванні стійкості блокових шифрів відносно лінійного криптоаналізу. Застосування методу до шифрів SNOW 2.0 і «Струмок» показує, що будь-яка з розглянутих кореляційних атак на них над полем порядку 256 має середню часову складність не менше $2^{146,20}$ і $2^{249,40}$ відповідно і вимагає не менше $2^{142,77}$ і $2^{249,38}$ відповідно знаків гами.

Ключові слова: кореляційний криптоаналіз, скінченний автомат, дискретне перетворення Фур'є, обґрунтування стійкості, шифр SNOW 2.0, шифр «Струмок».

A method for security evaluation of SNOW 2.0-like ciphers against correlation attacks over finite extensions of the field of two elements / A.N. Alekseychuk, S.M. Koniushok, M.V. Poremskiy // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 49–63.

Abstract. A method is proposed for security evaluation of SNOW 2.0-like ciphers against correlation attacks, which are generated by analogy with well-known attacks against SNOW 2. Unlike the available methods, the proposed one is oriented to the proof of security and allows us to obtain lower estimates of the efficiency of attacks from the considered class directly using the stream cipher components in the same way as it is done to prove the security of block ciphers against linear cryptanalysis. Application of the method to SNOW 2.0 and “Strumok” ciphers shows that any of the considered correlational attacks against them over the field of order 256 has an average time complexity no less than $2^{146,20}$ and $2^{249,40}$, respectively, and requires no less than $2^{142,77}$ and $2^{249,38}$ respectively, keystream symbols.

Keywords: correlation cryptanalysis, finite-state machine, discrete Fourier transform, proof of security, SNOW 2.0, “Strumok”.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.854

О решении квадратичной задачи о назначениях / И.В. Сергиенко, В.П. Шило, С.В. Чупов, П.В. Шило // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 64–69.

Лл.: 2. Табл.: 1. Библиогр.: 17 назви.

Аннотация. Предложены две модификации повторяемого итерированного алгоритма табу решения квадратичной задачи о назначениях (с технологией выделения ядра и без неё). Проведено исследование этих модификаций сравнительно с лучшими современными алгоритмами решения этой задачи. Показана эффективность разработанных алгоритмов, в частности, для задач большой размерности, для которых с их помощью найдены новые рекорды.

Ключевые слова: квадратичная задача о назначениях, повторяемый итерированный табу-поиск, технология выделения ядра решения, случайное возмущение компонент решения, эффективность алгоритмов.

Про розв'язання квадратичної задачі про призначення / І.В. Сергієнко, В.П. Шило, С.В. Чупов, П.В. Шило // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 64–69.

Анотація. Запропоновано дві модифікації повторюваного ітерованого алгоритму табу розв'язання квадратичної задачі про призначення (з технологією виділення ядра і без неї). Проведено дослідження цих модифікацій порівняно з кращими сучасними алгоритмами розв'язання цієї задачі. Показано ефективність розроблених алгоритмів, зокрема, для задач великої розмірності, для яких з їхньою допомогою знайдено нові рекорди.

Ключові слова: квадратична задача про призначення, повторюваний ітерований табу-пошук, технологія виділення ядра розв'язку, випадкове збурення компонент розв'язку, ефективність алгоритмів.

Solving the quadratic assignment problem / I.V. Sergienko, V.P. Shylo, S.V. Chupov, P.V. Shylo // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 64–69.

Abstract. This paper focuses on the development and improvement of the iterated repeated tabu algorithms for solving the quadratic assignment problem using core allocation technology. The comparative analysis of the empirical computational performance is presented, comparing the modern algorithms from the literature and the algorithms proposed in this paper. The results confirm the efficiency of the modified algorithms in terms of the solution quality and time especially for large-scale problems.

Keywords: quadratic assignment problem, repeated iterated tabu search, solution core allocation technology, random perturbation of solution components, algorithm efficiency.

УДК 368:519.21

Стохастические оптимизационные модели страховой математики / Ю.М. Ермольев, В.И. Норкин, Б.В. Норкин // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 70–81.

Лл.: 0. Табл.: 0. Библиогр.: 31 назви.

Аннотация. Дан обзор стохастических оптимизационных моделей страховой математики и методов их решения на основе методологии многокритериального стохастического программирования и оптимального управления. Эволюция капитала страховой компании рассматривается в дискретном времени. Основными случайными параметрами моделей являются уровни страховых выплат, т.е. отношения оплаченных страховых требований к соответствующим премиям за единицу времени. Переменные оптимизации — структура страхового портфеля (структура валовой премии) и размер дивидендов. Критериями эффективности являются показатели доходности страхового бизнеса, а показателями риска — вероятность разорения и капитал, необходимый для предотвращения разорения. Цель оптимизации — поиск парето-оптимальных решений. Предложены методы нахождения этих решений.

Ключевые слова: страховая математика, процесс риска, вероятность разорения, стохастическое программирование, многокритериальные задачи, двухэтапные задачи, вероятностные ограничения, стохастическое оптимальное управление.

Стохастичні оптимізаційні моделі страхової математики / Ю.М. Єрмольєв, В.І. Норкін, Б.В. Норкін // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 70–81.

Анотація. Наведено огляд стохастичних оптимізаційних моделей страхової математики і методів їхнього розв'язання на основі методології багатокритерійного стохастичного програмування та оптимального керування. Еволюція капіталу страхової компанії розглядається в дискретному часі. Основними випадковими параметрами моделей є рівні страхових виплат, тобто відношення сплачених страхових вимог до відповідних премій за одиницю часу. Змінні оптимізації — структура страхового портфеля (структура валової премії) та розмір дивідендів. Критеріями ефективності є показники прибутковості страхового бізнесу, а показниками ризику — ймовірність розорення та капітал, необхідний для запобігання розоренню. Метою оптимізації є пошук парето-оптимальних рішень. Запропоновано методи знаходження цих рішень.

Ключові слова: страхова математика, процес ризику, ймовірність розорення, стохастичне програмування, багатокритерійні задачі, двоетапні задачі, ймовірнісні обмеження, стохастичне оптимальне керування, частково-цілочислове програмування, динамічне програмування.

Stochastic optimization models of actuarial mathematics / Yu.M. Ermoliev, V.I. Norkin, B.V. Norkin // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 70–81.

Abstract. The paper overviews stochastic optimization models of actuarial mathematics and methods for their solution from the point of view of the methodology of multicriteria stochastic programming and optimal control. The evolution of the capital of an insurance company is considered in discrete time. The main random parameters of the models are payment levels, i.e., the ratio of paid claims to the corresponding premiums per unit of time. Optimization variables are the structure of the insurance portfolio (the gross premium structure) and the size of dividends. As efficiency criteria indicators of the profitability of the insurance business are used, and as risk indicators the probability of ruin and the recourse capital necessary to prevent the ruin are taken. The goal of optimization is to find Pareto-optimal solutions. Methods for finding these solutions are proposed.

Keywords: insurance mathematics, risk process, ruin probability, stochastic programming, multicriteria problems, two-stage problems, probabilistic constraints, stochastic optimal control, mixed-integer programming, dynamic programming.

УДК 519.233.5

Метод построения регрессии с переключениями в непрерывном времени с неизвестными точками переключения / П.С. Кнопов, А.С. Корхин // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 82–96.

Лл.: 2. Табл.: 2. Бібліогр.: 7 назв.

Аннотация. Рассмотрена линейная регрессия с переключениями в непрерывном времени. Описан метод оценивания точек переключения и параметров регрессии с переключениями. Приведены примеры его использования.

Ключевые слова: регрессия, непрерывное время, переключения, параметры регрессии, оценивание.

Метод побудови регресії з перемиканнями у неперервному часі з невідомими точками перемикань / П.С. Кнопов, А.С. Корхін // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 82–96.

Анотація. Розглянуто лінійну регресію з перемиканнями у неперервному часі. Описано метод оцінювання точок перемикання і параметрів регресії з перемиканнями. Наведено приклади його використання.

Ключові слова: регресія, неперервний час, перемикання, параметри регресії, оцінювання.

Switching regression construction method in continuous time with unknown switching points / P.S. Knopov, A.S. Korkhin // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 82–96.

Abstract. Linear switching regression in continuous time is considered. A method for estimating switching points and regression parameters is described. Examples of its use are given.

Keywords: regression, switching, regression parameters, evaluation.

УДК 519.62

Тестирование многошагового одностадийного метода на жестких задачах / В.А. Прусов, А.Е. Дорошенко // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 97–105.

Лл.: 7. Табл.: 4. Бібліогр.: 15 назви.

Аннотация. Рассмотрен многошаговый одностадийный метод, позволяющий интегрировать жесткие дифференциальные уравнения и системы уравнений с высокой точностью и малыми вычислительными затратами. На примерах показано, что предложенный метод не уступает лучшим методам при решении жестких задач. Результаты расчетов позволяют определить для многошагового одностадийного метода области абсолютной устойчивости, где обеспечена возможность изменения величины шага интегрирования в широких пределах при сохранении вычислительной устойчивости метода.

Ключевые слова: жесткие уравнения и системы, многошаговый одностадийный метод, (4,2)-метод, CROS, четырехстадийный явный метод Рунге–Кутты.

Тестування багатокрокового одностадійного методу на жорстких задачах / В.А. Прусов, А.Ю. Дорошенко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 97–105.

Анотація. Розглянуто багатокроковий одностадійний метод, що дозволяє інтегрувати жорсткі диференціальні рівняння і системи рівнянь з високою точністю і малими обчислювальними витратами. На прикладах показано, що запропонований метод не поступається кращим методам для розв'язання жорстких задач. Результати розрахунків дозволяють визначити для багатокрокового одностадійного методу області абсолютної стійкості, де забезпечена можливість зміни величини кроку інтегрування в широких межах із збереженням обчислювальної стійкості методу.

Ключові слова: жорсткі рівняння і системи, багатокроковий одностадійний метод, (4,2)-метод, CROS, чотиристадійний явний метод Рунге–Кутта.

Testing a multi-step single-stage method on hard tasks / V.A. Prusov, A.E. Doroshenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 97–105.

Abstract. A multistep one-stage method is considered, which allows one to integrate hard differential equations and systems of equations with high accuracy and low computational costs. The examples show that the proposed method is not inferior to the best available methods in solving hard problems. The calculation results allow us to determine the absolute stability regions for a multistep one-stage method where it is possible to change the integration step over a wide range while maintaining the computational stability of the method.

Keywords: hard equations and systems, multistep one-stage method, (4,2) method, CROS, four-stage explicit Runge–Kutta method.

УДК 519.872

Анализ моделей систем с гетерогенными серверами / А.З. Меликов, Л.А. Пономаренко, Э.В. Мехбалиева // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 106–117.

Лл.: 6. Табл.: 0. Бібліогр.: 32 назви.

Аннотация. Исследована математическая модель системы обслуживания с гетерогенными серверами и без очередей при наличии заявок двух типов. Заявки высокого приоритета обслуживаются в высокоскоростных серверах, а заявки низкого приоритета — в низкоскоростных. В случаях занятости всех серверов в соответствующих группах допускается обслуживание поступившей заявки в другой группе, при этом переназначения заявок осуществляются согласно рандомизированной схеме. Считается, что вероятности переназначения зависят от числа занятых серверов в соответствующей группе. Разработаны методы точного и приближенного анализа характеристик этой системы и получены явные формулы для приближенного вычисления ее характеристик.

Ключевые слова: гетерогенный сервер, система обслуживания, приоритеты, разнотипные заявки, оптимизация.

Аналіз моделей систем з гетерогенними серверами / А.З. Меліков, Л.А. Пономаренко, Е.В. Мехбалієва // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 106–117.

Анотація. Запропоновано математичну модель системи обслуговування з гетерогенними серверами і без черг за наявності вимог двох типів. Вимоги високого пріоритету обслуговуються у високошвидкісних серверах, а вимоги низького пріоритету — у низькошвидкісних. У випадках зайнятості всіх серверів у відповідних групах допускається обслуговування вимоги, що надійшла, в іншій групі, при цьому перепризначення вимог здійснюється згідно з рандомізованою схемою. Вважається, що ймовірності перепризначення залежать від кількості зайнятих серверів у відповідній групі. Розроблено методи точного і наближеного аналізу характеристик цієї системи. Отримано явні формули для наближеного обчислення її характеристик.

Ключові слова: гетерогенний сервер, система обслуговування, пріоритети, різнотипні вимоги, оптимізація.

Analyzing the models of systems with heterogeneous servers / A.Z. Melikov, L.A. Ponomarenko, E.V. Mekhbaliyeva // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 106–117.

Abstract. The mathematical model of a queueing system with heterogeneous servers, without queues and two types of calls is investigated. High priority calls are processed in fast servers while low priority calls are processed in slow servers. If all servers in some group are busy then reassigning of calls to another group is allowed. Reassigning is based on random schemes and reassignment probability depends on the number of busy servers in appropriate group. Exact and approximate methods are developed for the analysis of characteristics of the system. Explicit approximate formulas to calculate the approximate values of characteristics are proposed.

Keywords: queueing-inventory system, heterogeneous servers, priority, customers of different types, optimization.

УДК 519.6

К построению интегральных математических моделей двух классов нелинейных пространственно распределенных систем. II. Случай непрерывно определенных внешнелинейных возмущений / В.А. Стоян // Кибнетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 118–128.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 7 назв.

Аннотация. Решены задачи псевдообращения нелинейных дифференциальных моделей пространственно распределенных динамических систем. Рассмотрены системы, нелинейность которых образована произведением линейных дифференциальных преобразований функции состояния системы или заменой ими коэффициентов линейного приближения модели. Построены аналитические зависимости функции состояния системы от непрерывно определенных значений внешнелинейных возмущающих факторов.

Ключевые слова: псевдообращение, нелинейные динамические системы, системы с распределенными параметрами, распределенные пространственно-временные системы.

До побудови інтегральних математических моделей двох класів нелінійних просторово розподілених систем. II. Випадок неперервно визначених зовнішньодинамічних збурень / В.А. Стоян // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 118–128.

Анотация. Розв'язано задачі псевдообернення нелінійних диференціальних моделей просторово розподілених динамічних систем. Розглянуто системи, нелінійність яких утворена добутком лінійних диференціальних перетворень функції стану системи, або шляхом заміни ними коефіцієнтів лінійного наближення моделі. Будуються аналітичні залежності функції стану системи від неперервно визначених значень зовнішньодинамічних збурюючих факторів.

Ключові слова: псевдообернення, нелінійні динамічні системи, системи з розподіленими параметрами, просторово розподілені динамічні системи.

Construction integral mathematical models of two classes of nonlinear spatially distributed systems. II. The case of continuously defined external-dynamic perturbations / V.A. Stoyan // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 118–128.

Abstract. Problems of pseudoinversion of nonlinear differential models of spatially distributed dynamic systems are solved. Systems whose nonlinearity is formed by the product of linear differential transformations of the function of system's state or by replacing the coefficients of linear approximation by these transformations are considered. Analytic dependences of the function of system's state on continuously defined values of external-dynamic factors are constructed.

Keywords: pseudoinversion, nonlinear dynamical systems, spatially distributed dynamical systems.

УДК 519.11.176

О фрактальной природе комбинаторных множеств и нахождении формул комбинаторных чисел / Н.К. Тимофеева // Кибнетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 129–137.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 11 назв.

Аннотация. Рассмотрена фрактальная структура комбинаторных множеств, которая образуется в процессе упорядочения комбинаторных конфигураций. С использованием фрактальных свойств оговоренных множеств разработан подход к решению перечислительных задач в комбинаторике. При нахождении комбинаторных чисел используются арифметические последовательности.

Ключевые слова: комбинаторика, фракталы, комбинаторные конфигурации, разбиение натурального числа, арифметический треугольник, комбинаторные числа.

Про фрактальну природу комбінаторних множин та знаходження формул комбінаторних чисел / Н.К. Тимофєєва // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 129–137.

Анотация. Розглянуто фрактальну структуру комбінаторних множин, яка утворюється в процесі впорядкування комбінаторних конфігурацій. З використанням фрактальних властивостей оговорених множин розроблено підхід до розв'язання перелічувальних задач у комбінаториці. Для знаходження комбінаторних чисел використано арифметичні послідовності.

Ключові слова: комбінаторика, фрактали, комбінаторні конфігурації, розбиття натурального числа, арифметичний трикутник, комбінаторні числа.

On the fractal nature of combinatorial sets and finding of formulas for combinatorial numbers / N.K. Timofieva // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 129–137.

Abstract. The fractal structure of combinatorial sets, which is formed in ordering of combinatorial configurations, is considered. Using the fractal properties of contracted sets, an approach to solving enumeration problems in combinatorics is developed. Arithmetic sequences are used to find combinatorial numbers.

Keywords: combinatorics, fractals, combinatorial configurations, partitioning of a natural number, arithmetic triangle, combinatorial numbers.

УДК 519.65

Чебышевское приближение функций многих переменных / П.С. Малачивский, Я.В. Пизюр, Р.П. Малачивский, О.М. Уханская // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 138–146.

Лл.: 2. Табл.: 0. Бібліогр.: 12 назв.

Аннотация. Предложен метод построения чебышевского приближения функций многих переменных обобщенным полиномом как предельного приближения в норме пространства L^p при $p \rightarrow \infty$. Он основывается на последовательном построении среднестепенных приближений с использованием метода наименьших квадратов с переменной весовой функцией. Сходимость метода обеспечивает оригинальный способ последовательного уточнения значений весовой функции, учитывающий результаты приближения на всех предыдущих итерациях. Описаны способы вычисления чебышевского приближения с абсолютной и относительной погрешностью. Представленные результаты решения тестовых примеров подтверждают эффективность использования метода для получения чебышевского приближения таблично заданных непрерывных функций одной, двух и трех переменных.

Ключевые слова: функции многих переменных, чебышевское (равномерное) приближение, среднестепенное приближение, метод наименьших квадратов, переменная весовая функция.

Чебышовське наближення функцій багатьох змінних / П.С. Малачивський, Я.В. Пізюр, Р.П. Малачивський, О.М. Уханська // Кибернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 138–146.

Анотація. Запропоновано метод побудови чебышовського наближення функцій багатьох змінних узагальненим поліномом як граничного наближення у нормі простору L^p для $p \rightarrow \infty$. Він ґрунтується на послідовній побудові середньостепеневих наближень з використанням методу найменших квадратів зі змінною ваговою функцією. Збіжність методу забезпечує оригінальний спосіб послідовного уточнення значень вагової функції, який враховує результати наближення на всіх попередніх ітераціях. Описано способи обчислення чебышовського наближення з абсолютною та відносною похибкою. Подані результати розв'язування тестових прикладів підтверджують ефективність використання методу для отримання чебышовського наближення таблично заданих неперервних функцій однієї, двох і трьох змінних.

Ключові слова: функції багатьох змінних, чебышовське (рівномірне) наближення, середньостепеневе наближення, метод найменших квадратів, змінна вагова функція.

Chebyshev approximation of functions of several variables / P.S. Malachivskyy, Ya.V. Pizyur, R.P. Malachivskiy, O.M. Ukhanska // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 138–146.

Abstract. The algorithm of uniform approximation for functions of several variables with generalized polynomial is described as approximation in norm of space L^p for $p \rightarrow \infty$. It is based on sequential construction of power-average approximations using the least squares method with variable weight function. The convergence of the method provides an original way to consistently refine the values of the weight function, which takes into account the results of approximation at all previous iterations. Methods of calculating the Chebyshev approximation with absolute and relative errors are described. The results of test examples confirm the efficiency of using the method to obtain the Chebyshev approximation of tabular continuous functions of one, two, and three variables.

Keywords: functions of several variables, Chebyshev (uniform) approximation, power-average approximation, least squares method, variable weight function.

УДК 330.101.541-336.7

Модель функционирования экономики при рыночном курсе валюты / Б.Б. Дунаев, А.А. Любич // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 147–162.

Лл.: 2. Табл.: 1. Бібліогр.: 28 назв.

Аннотация. Представлена модель функционирования открытой экономики с валютным рынком, которая позволяет определить макроэкономические показатели в среднесрочной перспективе при монетарном регулировании Центральным банком (ЦБ) количества обращающихся денег, ставки процента и соотношения наличности к депозитам до востребования и при государственном регулировании воспроизво-

дства имеющегося в производстве капитала. Определен курс валюты функцией, прямо пропорциональной денежной инфляции и реальному потребительскому спросу и обратно пропорциональной валютной интервенции ЦБ и трансакциям. Показано, что курс валюты, обратно пропорциональный валютным интервенциям и трансакциям, может изменяться от бесконечности до единицы. Поэтому при отсутствии постоянного контроля и корректировки центральным банком валютного курса возможен его резкий многократный рост в результате валютных спекуляций, приводящий к экономической катастрофе через дефолт обращающихся денег, а также возможен спад реального ВВП и обвал финансовых рынков.

Ключевые слова: экономика, рынок, спрос, предложение, равновесие, деньги, валюта, банковская система, ставка процента, валютный рынок, курс валюты, кризис, инфляция.

Модель функціонування економіки за ринкового курсу валюти / Б.Б. Дунаєв, О.О. Любич // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 147–162.

Анотація. Наведено модель функціонування відкритої економіки з валютним ринком, яка дозволяє визначити макроекономічні показники у середньостроковій перспективі за монетарного регулювання Центральним банком кількості обігових грошей, ставки відсотка і співвідношення готівки до депозитів на вимогу і за державного регулювання відтворення наявного у виробництві капіталу. Курс валюты визначено функцією, прямо пропорційною грошовій інфляції і реальному споживчому попиту і обернено пропорційною валютній інтервенції центрального банку та трансакціям. Показано, що курс валюты, обернено пропорційний до валютних інтервенцій і трансакцій, може змінюватися від нескінченності до одиниці. Тому за відсутності постійного контролю і коригування центральним банком валютного курсу можливо його різке кількіска зростання в результаті валютних спекуляцій, що призводить до економічної катастрофи через дефолт обігових грошей, а також падіння реального ВВП і обвал фінансових ринків.

Ключові слова: економіка, ринок, попит, пропонування, рівновага, гроші, валюта, банківська система, ставка відсотка, валютний ринок, курс валюты, криза, інфляція.

Model of functioning of the economy at the market rate of currency / B.B. Dunaev A.A. Lyubich // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 147–162.

Abstract. A model of open economy functioning with a foreign exchange market is presented, which allows determining macroeconomic indicators in the medium term with the Central Bank monetary regulation of the amount of money in circulation, interest rates and the ratio of cash to demand deposits and with government regulation of reproduction of existing capital. The currency rate is determined by a function that is directly proportional to the decrease in monetary inflation and the growth of real consumer demand and is inversely proportional to the increase in the currency intervention of the Central Bank and transactions. It is shown that the exchange rate, inversely proportional to currency interventions and transactions, can vary from infinity to unity. Therefore, in the absence of constant monitoring and adjustment by the central bank of the exchange rate, its sharp multiple growth is possible as a result of relatively small currency speculations leading to an economic catastrophe through the default of circulating money, a decline in real GDP and a collapse of financial markets.

Keywords: economy, market, demand, supply, balance, money, currency, banking system, interest rate, foreign exchange market, exchange rate, crisis, inflation.

УДК 532.22, 004.94

Моделирование сценария коллапсов промысловых популяций у берегов Канады и Аляски / А.Ю. Переварюха // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 163–177.

Лл.: 5. Табл.: 0. Бібліогр.: 21 назва.

Аннотация. В популяционных процессах стремительно развиваются особые ситуации, которые трудно спрогнозировать и моделировать традиционными методами. К важнейшим для экономики нелинейным явлениям в экосистемах помимо вспышек вредителей леса, относится внезапный коллапс запасов популяций промысловых рыб. Проведенный системный анализ статистических данных о промысловых уловах и воспроизводстве популяций показал схожесть перехода к стремительной деградации у различных видов рыб и водных беспозвоночных. Выделены наиболее характерные этапы происхождения явления коллапса ресурсов. На основе метода динамически переопределяемой гибридной вычислительной структуры рассмотрены ситуации коллапсов, которые происходили с крабом у побережья Аляски и с треской у берегов канадской провинции Ньюфаундленд и Лабрадор. Приведены полученные вычислительные сценарии реализации коллапса, состоящие из трех этапов, вплоть до деградации биоресурсов. Бифуркации реализуются целенаправленно из логики процесса. Обобщен метод моделирования для случаев со стационарными пищевыми ресурсами рыб и с динамикой колебаний объемов кормовой базы.

Ключевые слова: гибридные системы, бифуркации, кризис аттрактора, моделирование пороговых эффектов, переопределяемые вычислительные структуры, коллапс атлантической трески, деградация водных биоресурсов, биокибернетика.

Моделивання сценарію колапсу промислових популяцій біля берегів Канади і Аляски / А.Ю. Переварюха // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 163–177.

Анотація. У популяційних процесах стрімко розвиваються особливі ситуації, які важко прогнозувати і моделювати традиційними методами. Одним з найважливіших для економіки нелінійних явищ в екосистемах, крім спалахів шкідників лісу, є раптовий колапс запасів популяцій промислових рыб.

Проведений системний аналіз статистичних даних промислових виловів виявив подібність етапів переходу стрімкої деградації у зовсім різних видів риб і водних безхребетних. Виділено найбільш характерні етапи походження явища колапсу ресурсів. На основі методу динамічно переозначеної гібридної обчислювальної структури розглянуто ситуації колапсів, які відбувалися з популяціями крабів біля узбережжя Аляски і тріски біля берегів канадської провінції Ньюфаундленд і Лабрадор. Наведено отримані обчислювальні сценарії реалізації колапсу, що складаються з трьох етапів, аж до деградації біоресурсів. Біфуркації реалізуються цілеспрямовано. Узагальнено метод моделювання для випадків з стаціонарними харчовими ресурсами і з динамікою коливань обсягів кормової бази.

Ключові слова: гібридні системи, біфуркації, криза атрактора, моделювання порогових ефектів, переозначені обчислювальні структури, колапс атлантичної тріски, деградація водних біоресурсів.

Modeling of scenarios of collapse of the commercial aquatic populations off the coast of Canada and Alaska / A.Yu. Perevaryukha // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 163–177.

Abstract. In population processes, special situations are rapidly developing, which are difficult to predict and carry out modeling by traditional methods. The most important nonlinear phenomena for the economy in ecosystems besides outbreaks of forest pests are sudden collapse of stocks of commercial fish populations. According to the out systematic analysis of the data in the dynamics of catches, it turns out that the transition stages of rapid degradation in completely different species of fish and aquatic invertebrates occur in a similar way. We can distinguish the general stages on the way to the collapse of fish resources. Restoration of the already critically depleted aquatic bioresources occurs at different rates. Based on the method of dynamically redefinable hybrid computational structure, we considered situations of collapse that occurred with the crab off the coast of Alaska and northern cod off the coast of the Canadian province of Newfoundland and Labrador. The resulting computational scenarios for the implementation of the collapse consist of three stages up to degradation of the bioresources. Bifurcations are implemented purposefully. The modeling method is generalized for cases with stationary food resources and with oscillatory dynamics of food organisms.

Keywords: hybrid systems, bifurcations, attractor in crisis, simulation of threshold effects, redefined computational structures, collapse of Atlantic cod, degradation of aquatic biological resources, biocybernetics.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE-HARDWARE SYSTEMS

УДК 004.75

Разработка и перспективы системы ПАРУС-WCF / А.В. Анисимов, А.М. Федорус // Кибнетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 178–185.

Лл.: 3. Табл.: 2. Бібліогр.: 14 назв.

Аннотация. Рассмотрены детали реализации системы ПАРУС-WCF. Система ПАРУС-WCF обеспечивает создание и функционирование асинхронно-рекурсивных процессов при решении задач параллельных вычислений как на одном ПК, так и на компьютерной сети. Она позволяет разным модулям обмениваться информацией, обеспечивая обмен данными в системах с распределенной и нераспределенной памятью.

Ключевые слова: ПАРУС-WCF, ПАРУС, параллельные вычисления, система распределенных вычислений.

Розробка та перспективи системи ПАРК-С-WCF / А.В. Анісімов, О.М. Федорус // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 178–185.

Анотация. Наведено деталі реалізації системи ПАРК-С-WCF. Система ПАРК-С-WCF забезпечує створення та функціонування асинхронно-рекурсивних процесів для розв'язання задач паралельних обчислень як на одному ПК, так і на комп'ютерній мережі. Вона дозволяє різним модулям обмінюватися інформацією, забезпечуючи обмін даними в системах з розподіленою і нерозподіленою пам'яттю.

Ключові слова: ПАРК-С-WCF, ПАРК-С, паралельні обчислення, система розподілених обчислень.

Development and prospects of the PARCS-WCF system / A.V. Anisimov, O.M. Fedorus // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 178–185.

Abstract. The paper presents details of implementation of PARCS-WCF system. The PARCS-WCF system provides creation and operation of asynchronous-recursive processes in solving parallel computing tasks both on a single PC and on a computer network. It allows different modules to exchange information providing data exchange in systems with distributed and non-distributed memory.

Keywords: PARCS-WCF, PARCS, parallel computing, distributed computing system.

УДК 621.391, 519.725

Алгоритмы быстрого выполнения 4-точечных целочисленных синусных преобразований типа VII без умножения и раздельные направленные адаптивные преобразования для intra-прогнозирования в кодировании изображений/видео. I / Л.А. Гнатив, В.К. Луц // Кибнетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 1. С. 186–199.

Лл.: 1. Табл.: 10. Бібліогр.: 30 назв.

Аннотация. Предложено раздельные направленные адаптивные целочисленные косинусное и синусные типа VII преобразования с блоками 4x4 для intra-прогнозирования в кодировании изображений и видео. Разработаны алгоритмы быстрого выполнения 2D 4-точечных раздельных направленных целочисленных косинусного и синусных преобразований. Они по сравнению с известными алгоритмами требуют в 7 раз меньше операций умножения и обеспечивают более высокую степень сжатия. Предложены два целочисленных синусных преобразования типа VII порядка 4 и разработаны алгоритмы быстрого выполнения 4-точечных целочисленных синусных преобразований типа VII, которые требуют только целочисленных операций. Они по сравнению с известным алгоритмом позволяют существенно сократить число операций умножения или вообще обойтись без них. Предложенные целочисленные синусные преобразования являются наиболее близкими к дискретному синусному преобразованию типа VII и имеют более высокую степень сжатия, чем известное синусное преобразование, принятое в стандарте H.265.

Ключевые слова: дискретное косинусное преобразование, дискретное синусное преобразование, целочисленное косинусное преобразование, целочисленное синусное преобразование, моде-зависимое направленное преобразование, раздельное направленное адаптивное преобразование, факторизация, быстрое выполнение преобразования, intra-прогнозирование, эффективность кодирования, видеокодирование, H.265.

Алгоритми швидкого виконання 4-точкових цілочислових синусних перетворень типу VII без множення і роздільні направлені адаптивні перетворення для intra-прогнозування в кодуванні зображень/відео. I / Л.О. Гнатів, В.К. Луц // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 1. С. 186–199.

Анотація. Запропоновано роздільні направлені адаптивні цілочислові косинусне та синусні типу VII перетворення з блоками 4x4 для intra-прогнозування в кодуванні зображень і відео. Розроблено алгоритми швидкого виконання 2D 4-точкових роздільних направлених цілочислових косинусного та синусних перетворень. Вони порівняно з відомими алгоритмами потребують у сім разів менше операцій множення та забезпечують більш високий ступінь стиснення. Запропоновано два цілочислові синусні перетворення типу VII порядку 4 і розроблено алгоритми швидкого виконання 4-точкових цілочислових синусних перетворень типу VII, які потребують тільки цілочислових операцій. Вони порівняно з відомим алгоритмом дають змогу суттєво скоротити кількість операцій множення, або взагалі обійтися без них. Запропоновані цілочислові синусні перетворення є найближчими до дискретного синусного перетворення типу VII і мають більш високий ступінь стиснення, ніж відоме синусне перетворення, прийняте у стандарті H.265.

Ключові слова: дискретне косинусне перетворення, дискретне синусне перетворення, цілочислове косинусне перетворення, цілочислове синусне перетворення, модозалежне направлене перетворення, роздільне направлене адаптивне перетворення, факторизація, швидке виконання перетворення, intra-прогнозування, ефективність кодування, відеокодування, H.264, H.265.

Algorithms for fast implementation at 4-point integer sine transforms type VII without multiplication and separable directional adaptive transforms for intra prediction in image/video coding. I / L.O. Hnativ, V.K. Luts // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 1. P. 186–199.

Abstract. The separable directional adaptive integer cosine and sine of type VII transforms with 4x4 blocks are proposed for intra prediction in image and video coding. Algorithms for fast implementation of 2D 4-point separable directional integer cosine and sine transforms are developed. These algorithms require 7 times less multiplication operations and provide higher compression ratio as compared with the well-known algorithms. Two order-4 integer sine type VII transforms are proposed and algorithms are developed for fast implementation of 4-point integer sine type VII transforms, which require integer operations only. As compared with the known algorithm, these algorithms can significantly reduce the number of multiplication operations or avoid them at all. These integer sine transforms are very close to discrete sine type VII transform and have higher compression ratio than the well-known sine transform accepted in standard H.265 has.

Keywords: discrete cosine transform, discrete sine transform, integer cosine transform, integer sine transform, mode-dependent directional transform, separate directional adaptive transform, factorization, fast transform, coding efficiency, intra predicted, video coding, H.264, H.265.