

## КІБЕРНЕТИКА

## CYBERNETICS

УДК 519.713.1

**Використання узгодження логічних специфікацій автоматів при розв'язанні ігрових задач / Чеботарьов А.М.** // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 3–13.

Ігрові моделі широко використовуються при розв'язанні задач реалізованості, синтезу та верифікації реактивних систем. Для розв'язання таких задач у статті розглянуто автоматний підхід, який базується на понятті узгодженості автоматів або їхніх логічних специфікацій. Відповідні методи суттєво відрізняються від тих, що застосовуються в ігровому контексті. Показано, як ці методи можуть використовуватися для синтезу виграшної стратегії у грі двох осіб, не пов'язаний з проектуванням реактивних систем. Бібліогр.: 12 назв.

UDC 519.713.1

**Using the compatibility analysis of automata logical specification to solve game problems / Chebotarev A.N.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 3–13.

Game models have been widely used to solve realizability, synthesis, and verification problems. In this paper, we consider an alternative approach to solving these problems based on the notion of compatibility of automata (FSMs) or their logical specifications. The corresponding methods substantially differ from those used in the game setting. We show how these methods can be used for the synthesis of a winning strategy in a two-player game, which does not relate to the development of reactive systems. Refs: 12 titles.

УДК 51.681.3

**Комбінаторний метод розв'язання систем лінійних обмежень / Кривий С.Л.** // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 14–26.

Розглянуто комбінаторний метод побудови базису множини розв'язків систем лінійних обмежень в області дійсних чисел та покращений метод побудови мінімальної породжуючої множини розв'язків в області натуральних чисел. Наведено короткий огляд таких методів в інших дискретних областях. Табл.: 1. Бібліогр.: 23 назви.

UDC 51.681.3

**Combinatorial method of solving systems of linear constraints / Kryvyi S.L.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 14–26.

A combinatorial method for computing the basis of the set of solutions to systems of linear constraints over the set of real numbers and an improved method for computing minimal generating set of solutions over the set of natural numbers are considered. A short review of this method in other discrete domains is presented. Tabl.: 1. Refs: 23 titles.

УДК 510.67

**Групові структури на фактор-множинах в задачах класифікації / Машталір В.П., Шляхов В.В., Яковлев С.В.** // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 27–41.

Для задач факторизації інформації проаналізовано зв'язок властивостей діфункціональності та тетрарних відносин. Знайдено умови, за яких довільні  $n$ -арні відносини індукують мультіалгебраїчні системи з єдиним носієм у вигляді декартового куба. Розглянуто аксіоматику мультігруп. Сформульовано та доведено умови існування груп на класах еквівалентності. Наведено приклади продукування мультігруп та випадків, коли єдиного носія не існує. Іл.: 4. Бібліогр.: 19 назв.

UDC 510.67

**Group structures on quotient sets in classification problems / Mashtalir V.P., Shlyakhov V.V., Yakovlev S.V.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 27–41.

The relationship between the properties of difunctionality and ternary relations for information factorization problems is analyzed. The conditions where arbitrary  $n$ -ary relations induce multialgebraic systems with common carrier in the form of Cartesian cube are found. Multigroup axiomatics is considered. The conditions of the existence of groups on equivalence classes are formulated and proved. The examples of multigroups producing and the cases where common carrier does not exist are provided. Figs: 4. Refs: 19 titles.

УДК 517.11+519.92

**Кронекерові (тензорні) моделі нечітко-множинних гранул / Мінасєв Ю.М., Філімонова О.Ю., Мінасєв Ю.І.** // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 42–52.

Розглянуто питання, пов'язані з гранулюванням інформації та гранулярними обчисленнями (гранулярний комп'ютинг) за умов представлення нечітко-множинної гранули (НМ-гранули) у вигляді кронекерова добутку. Показано універсальність запропонованої моделі, зокрема, при обчисленні оберненого значення нечіткої змінної виду та розв'язанні інших задач керування за умов невизначеності. Показано, що запропонована форма НМ-гранули — тензорний (кронекерів) добуток компонент, дозволяє зберегти властивість цілісності гранул і суттєво просунутись в розв'язанні проблеми гранулярного комп'ютинга і перетворення гранул. Іл.: 4. Бібліогр.: 20 назв.

UDC 517.11+519.92

**Kronecker (tensor) models of fuzzy-set granules / Minaev Yu.N., Filimonova O.Yu., Minaeva J.I. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 42–52.**

The issues related to granulating information and granular calculations (granular computing) in presenting FS-granules as a Kronecker product are considered. The proposed model is shown to be universal, in particular, in calculating the inverse value of fuzzy variable and solving other control problems under uncertainty. It is shown that the proposed form of FS-granules, tensor (Kronecker) product of components, allows preserving the integrity of granules and promotes the solution of the problem of granular computing and transformation of granules. Figs: 4. Refs: 20 titles.

УДК 510.584

**Нові доведення важливих теорем безтипового екстенціонального  $\lambda$ -числення / Лялецький О.О. // Кібернетика і системний аналіз. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 53–63.**

Наведено нові доведення двох теорем безтипового екстенціонального  $\lambda$ -числення: теореми Карпі про те, що будь-який  $\lambda$ -терм має  $\beta\eta$ -нормальну форму тоді й тільки тоді, коли він має  $\beta$ -нормальну форму, та теореми нормалізації для  $\beta\eta$ -редукції. Даний підхід ґрунтується на двох широко відомих результатах: теоремі про відкладання  $\eta$ -редукції та властивості сильної нормалізованості  $\eta$ -редукції, які дозволяють природним чином розповсюдити деякі твердження зі звичайного  $\lambda$ -числення на екстенціональний випадок. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 510.584

**New proofs of important theorems of untyped extensional  $\lambda$ -calculus / Lyaletsky A.A. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 53–63.**

The paper contains new proofs of the following two theorems for the untyped extensional  $\lambda$ -calculus: the Curry theorem that any  $\lambda$ -term has a  $\beta\eta$ -normal form if and only if it has a  $\beta$ -normal form, and the normalization theorem for  $\beta\eta$ -reduction. Our approach is based on the following well-known results: the postponement theorem of  $\eta$ -reduction and the strong normalization property of  $\eta$ -reduction, which allow one to extend, in a natural way, some propositions from the usual  $\lambda$ -calculus onto the extensional case. Refs: 5 titles.

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

## SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.873

**Оцінка ймовірності функціональної відмови резервованої системи методом істотної вибірки / Кузнецов М.Ю., Хом'як О.М. // Кібернетика і системний аналіз. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 64–75.**

Досліджено систему, структура якої задається деревом відмов з ефективністю. Зовнішнє навантаження на систему визначено як функцію від станів напівмарковського процесу. Запропоновано метод прискореного моделювання ймовірності функціональної відмови, коли ефективність системи стає нижчою за ту, що вимагається. Знайдено умови, які гарантують обмеженість відносної похибки оцінки із зростанням надійності елементів. Чисельний приклад ілюструє точність оцінок, отриманих запропонованим методом. Іл.: 1. Табл.: 2. Бібліогр.: 26 назв.

UDC 519.873

**Evaluation of the probability of functional failure of a redundant system by important sampling / Kuznetsov N.Yu., Homyak O.N. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 64–75.**

A redundant system with the structure determined by fault tree with efficiency is considered. An external load on the system is a function of the state of a semi-Markov process. A fast simulation method enabling to evaluate the probability of functional failure when the real system efficiency becomes less than required ones is proposed. It is proved that under some weak conditions an estimate has a bounded relative error as the components reliability increases. The numerical example illustrates the efficiency of the method proposed. Fig.: 1. Tabl.: 2. Refs: 26 titles.

УДК 517:519.6

**Про дослідження алгоритмів розщеплення в задачах конвекції–дифузії / Гладкий А.В. // Кібернетика і системний аналіз. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 76–88.**

Розглято задачу математичного моделювання процесів поширення забруднень від системи точкових джерел у повітряному просторі. Для чисельного розв'язання багатовимірних рівнянь конвективної дифузії запропоновано підхід, який використовує ідею розщеплення та організацію обчислень за допомогою явних схем біжучої хвилі. Досліджено питання побудови різницьових схем розщеплення, апроксимації та стійкості за початковими даними. Бібліогр.: 16 назв.

UDC 517:519.6

**Analysis of splitting algorithms in convection–diffusion problems / Gladky A.V. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 76–88.**

The mathematical modeling of the propagation of contamination from point sources in the air is considered. An approach that uses the idea of splitting and point-to-point computing is proposed for the numerical solution of multi-dimensional convection-diffusion equations. The problems of the construction of splitting schemes, approximation, and stability on the initial data are investigated. Refs: 16 titles.

УДК 519.854.6:004.023

**Методика розв'язання задачі оптимізації упакувань для керування перспективним розвитком вузлів комунікаційної мережі / Трофимчук О.М., Васянін В.О. // Кібернетика і системний аналіз. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 88–99.**

Запропоновано методику розв'язання задачі оптимізації упакувань для одержання вихідних даних, необхідних при побудові математичних моделей перспективного розвитку вузлів багатопродуктових ко-

мунікаційних мереж з дискретними потоками. Приведено результати числового моделювання рішення задачі на конкретному прикладі для п'яти етапів розвитку мережі при прогнозуванні збільшення сумарних вузлових потоків. Показано, що при перевантаженні вузлів мережі через короткострокові коливання потоків чи повному відмовленні декількох вузлів для оперативного перерозподілу потоків завжди може бути використане централізоване розв'язання задачі оптимізації упакувань для всієї мережі. Лл.: 3. Табл.: 5. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 519.854.6:004.023

**Technique of the solution of the packing optimization problem for the management of perspective development of the nodes of a communication network / Trofimchyk A.N., Vasyanin V.A. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 88–99.**

The authors propose a technique for the solution of the packing optimization problem to obtain the initial data necessary for the construction of mathematical models of perspective development of nodes of multicommodity communication networks with discrete flows. The results of numerical modeling of the solution on a specific example for five stages of network development are given at forecasting the increase in total flows in nodes. It is shown that in case of node overload because of short-term fluctuations of flows or total refuse of several nodes, centralized solution of the packing optimization problem for the whole network can always be used for operative redistribution of flows. Figs: 3. Tabl.: 5. Refs: 5 titles.

УДК 517.9:519.6

**Замкнена форма розв'язків деяких крайових задач для рівняння аномальної дифузії з узагальненою похідною Хільфера / Булавацький В.М. // Кибernetika и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 100–107.**

Введено поняття біпорядкової дробової похідної, яка узагальнює відому похідну Хільфера. Наведено формулу перетворення Лапласа біпорядкової дробової похідної, на основі якої знайдено розв'язок задачі типу Коші для рівняння дробового порядку, що містить вказану похідну. Одержано замкнені розв'язки деяких крайових задач для рівняння аномальної дифузії з біпорядковою дробовою похідною за часовою змінною. Бібліогр.: 16 назв.

UDC 517.9:519.6

**Closed form of solutions of some boundary-value problems for anomalous diffusion equation with Hilfer's generalized derivative / Bulavatsky V.M. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 100–107.**

The concept of double-order fractional derivative generalizing the well-known Hilfer's derivative is introduced. The formula is given for the Laplace transform of double-order fractional derivative, which is used to solve the problem of Cauchy type for equations of fractional order with this derivative. The closed solutions of some boundary-value problems for the equation of anomalous diffusion with double-order fractional derivative in time are obtained. Refs: 16 titles.

УДК 532.516

**Моделювання динаміки структурованої за віком поліциклічної популяції біологічних клітин на параметризованій множині алгебраїчних функцій / Акіменко В.В., Загородній Ю.В. // Кибernetika и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 108–125.**

Досліджено динаміку популяції біологічних клітин на основі структурованої за віком поліциклічної моделі. За допомогою аналітичного підходу і чисельного моделювання початково-крайова задача для рівняння переносу зводиться до інтегрального рівняння Вольтерри другого роду, що розв'язується за допомогою резольвенти (наданої у вигляді нескінченного ряду). Для початково-крайової задачі для рівняння переносу розроблено явну двошарову різницеву схему з другим порядком апроксимації за часом та першим порядком за віком, з явною рекурсивною формулою для граничної інтегральної умови. Основні біологічні параметри системи розглянуто на множині параметризованих алгебраїчних функцій з компактною областю визначення. Проблему ідентифікації параметрів системи розв'язано для наближених аналітичних розв'язків задачі для фракційної клітинної біомаси хмелю, що спостерігалася протягом трьох років. Оскільки максимальна відносна похибка відхилення модельної функції від експериментальних даних склала менше 11 %, можна зробити висновок, що структурована за віком поліциклічна модель популяції достатньо ефективна для розв'язування прикладних задач в біологічних системах. Лл.: 4. Табл.: 3. Бібліогр.: 30 назв.

UDC 532.516

**Modeling the dynamics of the age-structured polycyclic biological cell population for the parameterized class of algebraic functions / Akimenko V.V., Zahorodnii Yu.V. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 108–125.**

We research the biological cells' population dynamics on the basis of polycyclic age-structured model using both analytical method and numerical simulation. We reduce the initial-boundary-value problem for transport equation to the Volterra integral equation of second kind and resolve it by infinite convergent series. For the initial-boundary-value problem for transport equation, we obtain explicit two-layer numerical difference scheme with second order of approximation by time and first one by age with explicit recurrent formulas for boundary condition. We consider the set of main biological parameters of the system as a set of parametrized algebraic functions with compact domain of definition. The parameter identification problem is solved for the approximate analytical solutions for the data of dried biomass of hop plant observed within 3 seasons. As the maximum relative errors of deviation of simulated curves from the points of observed data are less than 11%, we conclude that polycyclic age-structured models of cells' aggregation are efficient to describe the temporal evolution of plant cells biomass. Figs: 4. Tabl.: 3. Refs: 30 titles.

УДК 519.6

**Відновлення розривних функцій двох змінних, коли лінії розриву невідомі (прямокутні елементи)** / Литвин О.М., Першина Ю.І., Сергієнко І.В. // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 126–134.

Побудовано та досліджено розривні інтерполяційні сплайни для наближення розривних функцій. Розроблено алгоритм відновлення розривної функції, невідомі розриви якої лежать на прямих, паралельних координатним осям, за допомогою наближення її побудованим розривним інтерполяційним сплайном, а також алгоритм знаходження розривів розривної функції на основі введеного поняття  $\varepsilon$ -неперервності функції двох змінних. Наведено приклади. Іл.: 7. Бібліогр.: 14 назв.

UDC 519.6

**Estimation of discontinuous functions of two variables in case of unknown discontinuity lines (rectangular elements)** / Lytvyn O.N., Pershina Y.I., Sergienko I.V. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 126–134.

We construct and analyze discontinuous spline interpolation for the approximation of discontinuous functions. We develop an algorithm to estimate a discontinuous function whose unknown discontinuities lie on lines parallel to the coordinate axes, by approximating it by the discontinuous spline interpolation. We also develop an algorithm to find the discontinuities of a discontinuous function on the basis of the concept of  $\varepsilon$ -continuity of functions of two variables and present the examples. Figs: 7. Refs: 14 titles.

УДК 621.391:519.2:519.7

**Перемішувачі властивості операцій, визначених на множині N-вимірних векторів над простим скінченим полем** / Ковальчук Л.В., Лисенко Н.В., Скрипник Л.В. // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 135–145.

Отримано результати, що характеризують вплив операції покомпонентного (модульного) додавання на множині векторів над простим скінченим полем на структуру факторгрупи за певною підгрупою відносно операції модульного (покомпонентного) додавання на цій же множині. Показано, що перемішувачі властивості операції модульного додавання залежать від вибору підгрупи відносно операції покомпонентного додавання. Табл.: 4. Бібліогр.: 9 назв.

UDC 621.391:519.2:519.7

**Mixing properties of operations defined on the set of N-dimensional vectors over a prime finite field** / Kovalchuk L.V., Lysenko N.V., Skrypnik L.V. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 135–145.

The results are obtained that characterize the influence of the component-wise (modular) addition defined on the set of vectors over the prime finite field on the structure of factor group of a particular subgroup with respect to the operation of modular (component-wise) addition on the same set. It is shown that the mixing properties of the modular addition depend on the subgroup chosen with respect to the operation of component-wise addition. Tabl.: 4. Refs: 9 titles.

УДК 519.85

**Метод відсікання вершин графа переставного многогранника для розв'язування лінійних умовних задач оптимізації на переставленнях** / Ємець О.О., Ємець Є.М., Ольховський Д.М. // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 146–153.

Запропоновано метод відсікання вершин графа переставного многогранника для розв'язування лінійних умовних оптимізаційних задач на переставленнях. Введено поняття графа переставного многогранника та часткового графа множини переставлень. Наведено числові експерименти на основі створеної програмної реалізації алгоритму. Іл.: 2. Табл.: 2. Бібліогр.: 16 назв.

UDC 519.85

**The method of cutting off vertices of the graph of permutation polyhedron to solve linear conditional optimization problems on permutations** / Yemets O.O., Yemets E.M., Olhovskiy D.M. // Kibernetika i sistemnyy analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 146–153.

A method of cutting off vertices of the graph of permutation polyhedron for solving linear conditional optimization problems on permutations is proposed. The concepts of the permutation graph of a polyhedron and a partial graph of the set of permutations are introduced. The numerical experiments based on the created software implementation of the algorithm are described. Figs: 2. Tabl.: 2. Refs: 16 titles.

УДК 519.85

**Модифікація координатного методу розв'язання екстремальних задач на комбінаторних конфігураціях за умови багатокритеріальності** / Колескіна Л.М., Двірня О.А., Нагірна А.М. // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 154–161.

Запропоновано підхід до розв'язання екстремальної задачі оптимізації на комбінаторній конфігурації переставлень за умови багатокритеріальності на основі теорії графів. Описано підпрограму методу пошуку точок конфігурації, яка використовує координатний метод розв'язання у запропонованому модифікованому підході. Іл.: 4. Табл.: 4. Бібліогр.: 12 назв.

UDC 519.85

**Modified coordinate method to solve multicriteria optimization problems on combinatorial configurations / Koliechikina L.N., Dvernaya O.A., Nagornaya A.N.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 154–161.

We propose a method to solve an optimization problem on combinatorial configuration of permutations by using graph theory, taking into account the properties and structure of the set of permutations. The subprogram of the method of searching for configuration points that uses the coordinate method in the proposed modified approach is described. Figs: 4. Tabl.: 4. Refs: 12 titles.

УДК 519.711

**Комбінаторний алгоритм побудови параметричного простору ознак для класифікації багатомірних моделей / Книшов Г.В., Настенко Є.А., Кондрашова Н.В., Носовець О.К., Павлов В.А.** // Кибernetika и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 162–169.

Розглянуто комбінаторний алгоритм пошуку найкращого набору узагальнених змінних для побудови єдиної структури моделей об'єктів класифікації за заданими наборами даних на принципах методу групового обліку аргументів. Запропоновано будувати класифікатор у просторі параметрів знайденої структури моделей, що найкращим чином представляють характеристики класифікації об'єктів. Лл.: 1. Бібліогр.: 7 назв.

UDC 519.711

**Combinatorial algorithm for constructing a parametric space of features for the classification of multidimensional models / Knyshov G.V., Nastenko Ye.A., Kondrashova N.V., Nosovets O.K., Pavlov V.A.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 162–169.

We consider a combinatorial algorithm to find the best set of generalized variables for constructing a unified structure of models of classification objects using given data sets based on the principles of group method of data handling (GMDH). We propose to construct the classifier found in the parameter space of the structure of models that represent in the best way the characteristics of the classified objects. Fig: 1. Refs: 7 titles.

УДК 519.8

**Про задачу пакування шарів у куб / Березовський О.А.** // Кибernetika и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 170–179.

Розглянуто задачу пакування однакових куль в одиничний куб в  $n$ -вимірному просторі. Досліджено двоїсту лагранжеву оцінку (верхню оцінку радіуса куль) для класичної квадратичної постановки задачі та ряду постановок, отриманих шляхом її розширення сімействами функціонально надлишкових обмежень. У базовій постановці отримано аналітичний вираз для двоїстої оцінки. Бібліогр.: 19 назв.

UDC 519.8

**On circle-packing problem in the cube / Berezovskyi O.A.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 170–179.

The problem of packing identical spheres in a unit cube in  $n$ -dimensional space is considered. The dual Lagrange bound (upper bound for sphere radius) for the classical quadratic formulation of the problem and some formulations obtained by expanding it by families of functionally redundant constraints is analyzed. The analytical expression for the dual bound is obtained in the basic formulation. Refs: 19 titles.

## ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

## SOFTWARE-HARDWARE COMPLEXES

УДК 004.421.6

**Метод доведення інваріантності лінійних нерівностей для лінійних циклів / Львов М.С.** // Кибernetika и системный анализ. — 2014. — Том 50, № 4. — С. 180–185.

Представлено новий метод доведення інваріантності системи лінійних нерівностей для ітераційних циклів, визначених над полем раціональних чисел з лінійним оператором у тілі циклу. Метод враховує передумову циклу у вигляді системи лінійних нерівностей. Розгляд обмежено випадком, коли усі власні значення лінійного оператора є дійсними. Метод базується на обчисленні числа ітерацій циклу, після виконання яких інваріантність системи лінійних нерівностей або забезпечується, або спростовується. Метод використовує представлення лінійного оператора у його жордановій формі. Лл.: 1. Бібліогр.: 21 назва.

UDC 004.421.6

**Method of proving the invariance of linear inequalities for linear loops / Lvov M.S.** // Kibernetika i sistemny analiz. — 2014. — Vol. 50, N 4. — P. 180–185.

A new method is presented to prove the invariance of simultaneous linear inequalities for iteration loops defined over the field of rational numbers with linear operator in the loop body. The method takes into account the loop precondition in the form of simultaneous linear inequalities. The considerations are limited by the case of real eigenvalues of the linear operator. The method is based on computing the number of cycle iterations whose execution either ensures or disproves the invariance of the system of linear inequalities. The method uses the representation of linear operator in its Jordan form. Fig.: 1. Refs: 16 titles.