

# СИСТЕМНІ

*system technologies system technologies system technologies*

# ТЕХНОЛОГІЇ

---

2'(91) 2014



Міністерство освіти і науки України

---

---

# Системні технології

---

2 (91) 2014

---

*Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*

*Засновано у січні 1997 року.*

*У випуску:*

**ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ**

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ  
СИСТЕМИ**

**ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА  
ОРГАНІЗАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Редакційна колегія випуску:**

Михальов О.І. - д.т.н., проф., (відп. редактор)

Степін О.А., д.т.н., проф.

Бідюк П.І., д.т.н., проф.

Любчик Л.М., д.т.н., проф.

Веремей Е.І. (СПб, Росія), д.т.н., проф.

Скалозуб В.В., д.т.н., проф., (відп. редактор)

Бодяньський Є.В., д.т.н., проф.

Гуда А.І., к.т.н., доц.

Дерев'янка О.І., к.т.н., доц.

Светличний Д.С., (Польща), д.т.н., проф.

Архипов О.Є., д.т.н., проф. (відп. редактор)

Хандецький З.С., д.т.н., проф.

Дронь М.М., д.т.н., проф.

Коробочка О.М., д.т.н., проф.

Гасик М.М. (Фінляндія) д.т.н., проф.

Інформаційне та програмне забезпечення процесів проектування

Інтелектуальні інформаційно-управляючі системи

Прогресивні інформаційні технології та організація сучасного виробництва

Збірник друкується за рішенням Вченої Ради  
Національної металургійної академії України  
від 27.01.2014 р., № 1

Адреса редакції: 49635, Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4  
Національна металургійна академія України,  
кафедра Інформаційних технологій та систем.  
Тел. +38(056)7135256  
E-mail: [st.nmetau.edu.ua](mailto:st.nmetau.edu.ua)  
<http://st.nmetau.edu.ua>

© Національна металургійна академія України,  
ІВК «Системні технології», 2014

V.P. Ivaschenko, G.G. Shvachych, M.A. Tkach

**SPECIFICS OF CONSTRUCTING OF MAXIMALLY  
PARALLEL ALGORITHMIC FORMS OF THE SOLVING OF  
THE APPLIED TASKS**

*The features of construction of maximally parallel algorithms of thermal conductivity equation's solution with the method of direct tasks of Dirichlet and Neumann are considered. Parallelization of the three-diagonal systems of equations allows to construct absolutely steady algorithms, having a maximal parallel form. It is achieved minimum time period of solving the applied tasks on parallel computing devices.*

*Keywords: parallel algorithms, net functions, method of lines, conception of discretization.*

**PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF THE LAST  
ARCHIEMENTS IN THIS AREA**

The parallel computation systems develop quickly. When computer clusters came into service, parallel computations became available for many people. Mass processors, standard net technologies and free software are used as a rule to construct clusters. Let's note that the computer cluster is the set of processors united in the framework of a certain network to solve one problem. A small computer cluster with 6 processors may be used efficiently by small departments. In this connection, the problem of efficient software development becomes one of the central problems of parallel computations in the whole now. Creation of parallel computation systems demanded the mathematical conceptions development of parallel algorithm construction, that is, the algorithms adapted to realization on similar computation systems [1 – 7]. On the other hand the development of mathematical modeling leads to the more complex descriptions of the models. To understand them and to develop the analysis principles one has to involve the newest achievements from quite different mathematical fields. Problem discretization results in systems of linear equations with a great number of unknowns. Former methods of their solution are not always suitable from the point of view of accuracy, rate, required memory, algorithm structure and the like. The new ideas

© Ivaschenko V.P., Shvachych G.G., Tkach M.A., 2014

Б.И. Кузнецов, Т.Б. Никитина, М.О. Татарченко, В.В. Хоменко  
**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ  
 МНОГОМАССОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
 НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ  
 АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ РОЕМ ЧАСТИЦ**

*Аннотация.* Разработан метод многокритериального синтеза анизотропийного регулятора комбинированного робастного управления многомассовой электромеханической системой на основе стохастических мультиагентных алгоритмов оптимизации роем частиц. Приведены примеры сравнения динамических характеристик многомассовых систем с синтезированными при многокритериальном подходе анизотропийных регуляторов и с типовыми регуляторами.

*Ключевые слова:* многомассовая электромеханическая система, многокритериальный синтез, мультиагентный алгоритм оптимизации.

**Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами.** Создание систем, способных обеспечивать высокую точность управления при интенсивных задающих и возмущающих воздействиях широкого спектра частот, является центральной проблемой современной теории и практики автоматического управления [1].

**Анализ последних достижений и публикаций.** К проектируемым динамическим системам управления предъявляются разнообразные требования при их работе в различных режимах: качество переходных процессов задается временем первого согласования, временем регулирования, перерегулированием и т.д.: при отработке случайных задающих, либо компенсации случайных возмущающих воздействий задается дисперсия ошибки слежения либо стабилизации [2]. Для таких систем в большинстве практических случаев с помощью типовых ПИД регуляторов не удается выполнить технические требования, предъявляемые к системе, что обуславливает применение более сложных регуляторов и современных методов их синтеза.

Одним из основных требований, предъявляемых к современным системам управления, является требование робастности синтеза

рованной системы, т.е. способность системы сохранять предъявляемые к ней технические требования при изменении в определенных пределах параметров объекта управления и внешних воздействий [3-4]. Одним из интенсивно развивающихся подходов к синтезу робастных систем управления является синтез регуляторов, минимизирующих различные нормы вектора цели управления [5-7]. Для повышения точности управления в робастной системе реализуется комбинированное управление, в котором сочетается управление с обратной связью по выходу объекта управления и управление по разомкнутым циклам как по задающему, так и по возмущающему воздействиям [1, 8]. Эффект комбинированного управления определяется тем, что при синтезе робастного управления используется вся имеющаяся информация о задающем и возмущающем воздействии [9-10].

Однако при проектировании реальных систем управления не предъявляются требования к нормам вектора цели, да и сам вектор цели робастного управления не задан.

Целью статьи является разработка метода многокритериального синтеза комбинированных многомассовых электромеханических систем стохастического робастного управления, у которых используется информация о задающем и возмущающем воздействиях для минимизации анизотропийной нормы системы на основе стохастических мультиагентных алгоритмов оптимизации роем частиц.

Задачей статьи является многокритериальный синтез и исследование динамических характеристик стохастической робастной системы управления двухмассовой электромеханической системой.

Изложение материала исследования и полученных результатов. Рассмотрим исходную дискретную систему, имеющую  $n$ -мерный вектор состояния  $x$ ,  $m$ -мерный вектор входа  $\omega$  и  $p$ -мерный вектор цели  $z$ , заданную в пространстве состояний матрицами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , так что

$$x_{k+1} = Ax_k + B\omega_k, z_k = Cx_k + D\omega_k, \quad (1)$$

Средняя анизотопия этой системы равна

$$\bar{A}(G) = -\frac{1}{2} \ln \det \left( \frac{m \Sigma}{\text{Trace}(LPL^T + \Sigma)} \right), \quad (2)$$

где матрица  $P \in R^{n \times n}$  есть грамиан управляемости  $G$ , удовлетворяющий уравнению Ляпунова, а матрицы  $L$  и  $\Sigma$  соответствуют решению

$R$  уравнения Риккати [6]. Решение задачи синтеза анизотропийных регуляторов во временной области в виде матриц  $A, B, C, D$  реализации, с помощью которых минимизируется средняя анизотропия системы (2), сводится к вычислению трех алгебраических уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и уравнения специального вида для вычисления уровня анизотропии входного сигнала [7].

Если величина анизотропии входной дискретной последовательности системы находится в диапазоне  $0 < a < \infty$ , то значение анизотропийной нормы системы  $\|w\|_a$  ограничено значениями  $H_2$  и  $H_\infty$  нормами системы. Причем, при нулевой средней анизотропии синтез оптимального регулятора, минимизирующего анизотропийную норму, сводится к решению двух уравнений Риккати и такой оптимальный анизотропийный регулятор соответствует оптимальному стохастическому регулятору, минимизирующему дисперсию выходного сигнала –  $H_2$  норму. При бесконечной средней анизотропии входного сигнала, соответствующего полностью определенному детерминированному сигналу, анизотропийный регулятор является оптимальным детерминированным робастным регулятором, минимизирующим  $H_\infty$  норму. При значениях средней анизотропии входного сигнала в диапазоне  $0 < a < \infty$ , анизотропийный регулятор занимает промежуточное положение между регуляторами, минимизирующими  $H_2$  и  $H_\infty$  нормы. В настоящее время практически полностью разработана теория детерминированного робастного управления, основанная на решениях уравнений Риккати для синтеза во временной области робастного регулятора и робастного наблюдателя. При этом можно синтезировать регулятор, минимизирующий смешанный критерий, основанный на минимизации  $H_2$  и  $H_\infty$  норм, взятых с определенными весовыми множителями. При этом, роль такого весового множителя фактически играет параметр толерантности  $\gamma$ .

Таким образом имеется взаимосвязь различных задач теории стохастического робастного управления с задачей синтеза анизотропийных регуляторов для линейных систем, причем классические  $H_2$  и  $H_\infty$  регуляторы являются предельными случаями оптимального анизотропийного регулятора, а оптимальный анизотропийный регу-

лятор минимизирует функционал  $H_\infty$ -энтропии замкнутой системы для определенного значения его параметра  $\gamma$ .

Часто к системам управления, кроме требований по точности обработки либо компенсации случайных входных сигналов, предъявляются определенные требования к качеству переходных процессов – времени первого согласования, времени регулирования, перерегулирования и т.д. Таким образом, кроме требований по работе системы при случайных входных сигналах, предъявляются определенные требования по обработке системой детерминированных воздействий – ступенчатых сигналом. Причем, эти требования могут существенно отличаться для переходных процессов при обработке системой «малых» и «больших» воздействий [2].

Кроме того, к системе часто предъявляются определенные требования по обработке гармонических сигналов фиксированных частот, либо заданного диапазона частот, которые также являются детерминированными сигналами. Естественно, что эти требования могут быть удовлетворены при детерминированном подходе синтеза проектируемой системы.

Естественно, что проектируемая система должна одновременно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к работе системы в различных режимах и при различных входных сигналах.

Основной подход к синтезу робастного управления во временной области основан на решении задачи оптимального управления. Однако, в отличие от классического подхода к синтезу систем оптимального управления, при робастном управлении в уравнение состояния исходного объекта управления кроме вектора управления включается также вектор внешних воздействий. Причем вектор внешних воздействий характеризует изменение состояния системы за счет параметрических и структурных изменений модели объекта управления.

Центральная идея синтеза систем робастного управления связана с синтезом системы, минимизирующей критерий качества по норме управления, но максимизирующей этот же критерий по норме вектора внешних воздействий. При этом, за счет введения в функцию Гамильтона нормы вектора внешних воздействий со знаком минус, синтезируемая система минимизирует чувствительность системы к

изменяемым параметрам объекта управления, а следовательно, обеспечивает робастность системы

Такой подход соответствует игровому подходу к задаче оптимизации, когда первый игрок «управление» минимизирует функцию цели, а второй игрок «неопределенные параметры объекта управления» максимизирует эту же функцию цели. Причем, так как исходная система описывается системой дифференциальных уравнений – матричным уравнением состояния, а оба игрока используют одну и ту же функцию цели, то такая игра называется дифференциальной игрой с нулевой суммой.

Исходная система, замкнутая синтезированным анизотропийным регулятором, обладает определенными динамическими характеристиками, которые определяются вектором цели. Возможность решения задачи многокритериального синтеза анизотропийных регуляторов многомассовых электромеханических систем путем соответствующего выбора вектора цели показана на основе концепции функционально множественной принадлежности вектора состояния, что позволяет удовлетворить разнообразным требованиям, которые предъявляются к работе многомассовых электромеханических систем в различных режимах.

Введем вектор искомых параметров  $\chi = \{C, D\}$ , компонентами которого являются элементы матриц  $C$  и  $D$  исходной системы (1), с помощью которых формируется вектор цели  $z$  стохастического робастного управления (2). Зададим начальное значение вектора  $\chi$ , синтезируем анизотропийный регулятор и определим следующие показатели качества замкнутой системы в различных режимах: время отработки заданного угла рассогласования –  $t_{рег}$ ; время разгона до номинальной скорости и время торможения до полной остановки –  $t_{раз}$ , ошибку отработки гармонического сигнала заданной амплитуды и частоты  $\varepsilon_{зар}$ , ошибку стабилизации случайного изменения момента нагрузки  $\varepsilon_{сн}$ , максимальную скорость наведения  $\omega_{max}$ , минимальную скорость наведения  $\omega_{min}$ , неплавность наведения при минимальной скорости  $\Delta\omega_{min}$ , переменные состояния и управления, которые требуется ограничивать. Пронормируем эти частные критерии  $y_i$ , так чтобы они находились в диапазоне  $0 \leq y_i \leq 1$ . Приближение нормирован-

ного значения  $i$ -го частного критерия к единице соответствует напряженной ситуации, а если величина нормированного значения частного критерия приближается к нулю, то это соответствует спокойной ситуации. Для решения этой задачи многокритериальной оптимизации воспользуемся нелинейной схемой компромиссов [2]

$$\chi^* = \arg \min_z \sum_{i=1}^J \alpha_i [1 - y_i(\chi)]^{-1}, \quad (3)$$

где  $\alpha_i$  – весовые коэффициенты, характеризующие важность частных критериев.

При многокритериальном синтезе в системе управления кроме локальных критериев необходимо учитывать ограничения на переменные состояния и управления, заданные в форме неравенств. Обычно бывает ситуация, когда исходная точка по некоторым ограничениям является недопустимой. В частности, это касается заданных значений времени первого согласования, перерегулирования, точности отработки и компенсации случайных внешних воздействий и многих других показателей качества, предъявляемых к системе. Более того, некоторые локальные критерии в результате многокритериального синтеза могут быть вообще не выполнены. Однако, ряд критериев, таких как величины управляющих воздействий и переменных состояния являются допустимыми. Поэтому, в нелинейной схеме компромиссов (3) используется комбинация метода штрафных функций [11-13] с внутренней точкой для локальных критериев и ограничений, являющихся допустимыми, и метода с внешней точкой для локальных критериев и ограничений, являющихся недопустимыми, так что целевая функция в (3) примет следующий вид

$$f(\chi, r, \lambda) = \sum_{i=1}^J \alpha_i [1 - y_i(\chi)]^{-1} + s(r)L(z) + p(\lambda)T(\chi), \quad (4)$$

где  $s(r)$  и  $p(\lambda)$  – весовые функции, учитывающие влияние функции штрафа  $L(\chi, r) = r^2 \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_i(\chi)}$  для метода внутренней точки и функции штрафа  $T(\chi) = \sum_{i=1}^m \frac{1}{2r} \{\min[0, g_i(\chi(r))]\}^2$  для метода внешней точки. Для получения оптимального решения и выполнения ограничений необходимо, чтобы  $r \rightarrow 0$ , а  $\lambda \rightarrow \infty$ .

Исследования целевой функции полученной задачи (4) показали, что она является многоэкстремальной и имеет участки типа оврагов и «плато». Для нахождения глобального оптимума такой целевой функции вначале использовался метод последовательного квадратичного программирования (Sequential quadratic programming – SQP method) со случайным заданием точек мултистарта, покрывающих область значений искомым параметров. Однако в областях многомерных оврагов и «плато», такой подход оказался малоэффективным и приводил к «блужданию» по дну оврага, медленному продвижению к глобальному оптимуму в окрестности участка типа «плато». Для повышения скорости нахождения глобального оптимума использованы стохастические мультиагентные алгоритмы на основе оптимизации роением частиц [14-15].

Результаты экспериментальных исследований двухмассовой электромеханической системы. На основании экспериментальных исследований двухмассовой электромеханической системы установлено, что применение синтезированных анизотропных регуляторов по сравнению с типовыми регуляторами позволило сократить время первого согласования в пять раз, повысить плавность движения на низких скоростях в 1.7 раза, уменьшить дисперсию ошибки отработки случайного задающего воздействия в четыре раза. Синтезированная система имеет меньшую чувствительность к изменению параметров объекта управления по сравнению с системой с типовыми регуляторами.

Выводы из приведенного исследования, перспективы этого направления. Разработан метод многокритериального синтеза анизотропных регуляторов многомассовых электромеханических систем, позволяющий удовлетворить разнообразным требованиям, которые предъявляются к работе многомассовых электромеханических систем в различных режимах. Возможность такого подхода показана на основе концепции функционально множественной принадлежности вектора состояния. Обоснован и разработан метод выбора матриц, с помощью которых формируется вектор цели стохастического робастного управления путем решения задачи нелинейного программирования. Для решения такой многоэкстремальной задачи нелинейного программирования, использованы стохастические мультиагентные алгоритмы на основе оптимизации роением частиц. Синтезированные систе-

мы являются робастными по отношению к изменению параметров моделей объектов управления и внешних воздействий за счет минимизации анизотропной нормы. Приведены результаты экспериментальных исследований двухмассовой электромеханической системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кунцевич В.М. Инвариантность и квазиинвариантность систем управления /В.М. Кунцевич // Праці міжнародної конференції «50 років Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України». – Київ: інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2008. – С. 61-74.
2. Воронин А.Н. Многокритериальный синтез динамических систем. – К.: Наукова думка, 1992. – 160 с.
3. Кунцевич В.М. Квазиинвариантность, робастность и адаптация в системах управления /В.М. Кунцевич // Труды научного семинара «70 – лет теории инвариантности». – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 61 – 90.
4. Кунцевич В.М. От проблем управления одним объектом – к проблемам управления классами объектов /В.М. Кунцевич // Проблемы управления и информатики. – 1994. - № 1-2. – С. 3-15.
5. Diamond P., Vladimirov I.G., Kurdjukov A.P., Semyonov A.V. Anisotropy – based performance analysis of linear discrete time invariant control systems // Int. J. Control. – 2001. – V. 74. – Pp. 28 – 42.
6. Vladimirov I.G., Kurdjukov A.R., Semyonov A.V. State-space solution to anisotropy-based stochastic  $H_\infty$  – optimization problem // Proc. 13th IFAC World Congress. – San-Francisco (USA). – 1996. – Pp. 427 – 432.
7. Semyonov A.V., Vladimirov I.G., Kurdjukov A.P. Stochastic approach to  $H_\infty$ –optimization // Proc. 33rd IEEE Conf. on Decision and Control. – Florida (USA). – 1994. – Pp 2249 – 2250.
8. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации/В.М. Кунцевич. – К.: Наукова думка, 2006. – 264 с.
9. Hoyle D., Hyde R., Limebeer D.J.N. An  $H_\infty$  approach to two-degree-of-freedom design / Proceedings of the 30 th IEEE Conference on Decision and Control. – Brighton: 1991. – P. 1581-1585.
10. Limebeer D.J.N., Kasenally E.M., Perkins J.D. On the design of robust two degree of freedom controllers / Automatica.– 1993. – №29. – P. 157 – 161.
11. Батищев Д.И. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений / Д.И. Батищев, Д.Е. Шапошников. – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 1994. – 92 с.
12. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения/[под. ред. А.В. Лотова]. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
13. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В.Д. Ногин – М.: Физматиздат, 2004. – 176 с.
14. Clerc M. Particle Swarm Optimization.– London: ISTE Ltd, 2006. – 244 p.
15. Gazi V., Passino K.M. Swarm Stability and Optimization. – Springer, 2011. – 318 p.

## Висновки

Проведені дослідження підтвердили ефективність застосування нового алгоритму з метою підвищення якості цифрових зображень мікроструктури металів. За результатами візуального та чисельного аналізу визначено, що застосування нового алгоритму приводить до підвищення інформативності первинних кольорових даних.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Чубов А. А. Автоматизация металлографического анализа и контроля сплавов с использованием методов цифровой обработки оптических изображений микроструктур: Дис. канд. техн. наук: 05.13.06; - Защищена 09.12.2005; Утв.09.03.2006. - М., 2007. -359 с.: ил.-Библиогр.: с. 14-33, 49-55.
2. Перфильев Д. А. Описание структуры и алгоритм анализа микроструктурных металлографических изображений деформируемых алюминиевых сплавов: Дис. канд. техн. наук: 05.13.17; - Защищена 09.12.2005; Утв.09.03.2006. - Красноярск, 2007. - 124 с.: ил.-Библиогр.: с.5-48.
3. Hnatushenko V. Computer technology more informative multispectral images of the earth surface / V. Hnatushenko, A. Safarov // Applied Geometry and Engineering Graphics. - K.: KNUBA, 2012. - Vol. 89. - С. 140-144.
4. Pohl C. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications / C. Pohl, J.L. Van Genderen // International journal of remote sensing. - 1998. - Vol. 19. - No. 5. - P. 823-854.
5. Гнатюшенко В.В. Дослідження впливу характеристик вейвлетів на ефективність об'єднання фотограмметричних зображень /О. О. Кавац, В.В.Гнатюшенко, О.О.Сафаров // «Прикладна геометрія та інженерна графіка», Праці Таврійський державний агротехнічний університет - Випуск №4, Том №56, м. Мелітополь - 2013. стр. 33-40.
6. Wang Z. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity / Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli // IEEE Trans. Image Processing. - 2004. - Vol. 13. - P. 600-612.

## СОДЕРЖАНИЕ

Ivaschenko V.P., Shvachych G.G., Tkach M.A.

- Specifics of constructing of maximally parallel algorithmic forms of the solving of the applied tasks ..... 3
- Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Татарченко М.О., Хоменко В.В.
- Многокритериальный синтез многомассовых электромеханических систем на основе стохастических мультиагентных алгоритмов оптимизации роом частиц..... 10
- Федорович А.И.
- Исследование непараметрических критериев сдвига в задачах неразрушающего контроля ..... 18
- Храмов Д.А.
- Компьютерное моделирование разветвления несомой нити с помощью физических движков ..... 23
- Ivaschenko V.P., Shvachych M.A. Tkach G.G.
- Prospects of network interface infimband in multiprocessor computer systems for solving tasks of calculations' area spreading ..... 37
- Skrupskaya L. Oliinyk A., Polyakov M
- The method of failure prediction in the high voltage transformer equipment based on the metric classification of diagnostic features' trends..... 44
- Бахрушин В., Дудко І.О.
- Визначення критичних значень критерію типу Колмогорова-Смирнова для деяких типів розподілу методом Монте-Карло ..... 53
- Ермакова В., Селиверстова Т.В.
- Исследование фонетических алгоритмов с помощью оценки Яаго .... 59
- Кириченко Л.О.
- Сравнительный анализ информационной сложности хаотических и стохастических временных рядов ..... 67
- Кирия Р.В., Мищенко Т.Ф., Бабенко Ю.В.
- Математические модели функционирования систем конвейерного транспорта угольных шахт ..... 74
- Михайловский Н.В., Бейцун С.В.
- Исследование чувствительности модели теплового состояния системы «Расплав-Ковш» ..... 88
- Островская Е.Ю., Колбун Д.А.
- Нечеткая модель оценки коэффициента сцепления «Автомобиль-Дорога» ..... 92



Рудакова А.В., Поливода О.В.

Оптимизация подсистем мониторинга распределенных объектов методами спектрального анализа ..... 98

Bondarenko E.

Modern parallel programming tools for solving system of the linear equations by conjugate gradient methods..... 108

Ус С.А., Станига О.Д.

Алгоритм решения двухэтапной задачи размещения производства с предпочтениями ..... 116

Бодянский Е.В., Винокурова Е.А., Мулеса П.П., Перова И.Г.

Диагностирующая нейро-фаззи-система и ее адаптивное обучение в задачах интеллектуальной обработки данных медико-биологических исследований ..... 125

Евтушенко Г.И., Воюев А.С., Градовский А.О., Грачев Н.А., Макаров В.Г., Стефан Ю.С.

Разработка веб-приложения «Система поддержки принятия решений Nootron 3.0» ..... 136

Дейнеко А.А., Дейнеко Ж.В., Турута А.П., Бодянский Е.В.

Адаптивный метод комбинированного обучения-самообучения нейро-фаззи систем ..... 145

Guda A.I., Mikhalov A.I.

Influence of input and measurement noise to lorenz system adaptive-searching identification..... 154

Гнатушенко В.Е., Кавац О.О., Кібукевич Ю.О.

Алгоритм підвищення інформативності цифрових зображень мікроструктури сталі ..... 159

## РЕФЕРАТЫ

УДК 681.3.012:621.1

Іващенко В.П. **Особливості конструювання максимально паралельних паралельних алгоритмічних форм розв'язування прикладних задач** / В.П. Іващенко, Г.Г. Швачич, М.О. Ткач // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(91). – Дніпропетровськ, 2014. – С. 03 – 09.

Розглядаються особливості побудови максимально паралельних алгоритмів розв'язування рівнянь теплопровідності методом прямих задач Дірихле та Неймана. Розпаралелювання трьохдіагональних систем рівнянь дозволяє конструювати абсолютно стійкі алгоритми, які мають максимально паралельну структуру. Досягається мінімально можливий час розв'язання прикладних задач на паралельних обчислювальних системах.

Бібл. 13.

УДК 621.3.076

Кузнецов Б.І., Нікітіна Т.Б., Татарченко М.О., Хоменко В.В. **Багатокритеріальний синтез багатомасових електромеханічних систем на основі стохастичних мультиагентних алгоритмів оптимізації роєм часток** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(91). – Дніпропетровськ, 2014. – С. 10 – 17.

Розроблено метод багатокритеріального синтезу анізотропійних регуляторів багатомасових електромеханічних систем, що дозволяє задовольнити різноманітним вимогам, які пред'являються до роботи багатомасових електромеханічних систем в різних режимах. Обґрунтований і розроблений метод вибору матриць, за допомогою яких формується вектор мети стохастичного робастного управління шляхом вирішення задачі нелінійного програмування на основі стохастичних мультиагентних алгоритмів оптимізації роєм часток. Мінімізація анізотропійної норми стохастичної системи дозволяє отримати мінімальну чутливість синтезованої системи до зміни параметрів моделей об'єктів керування і зовнішніх впливів. Результати експериментальних досліджень двомасової електромеханічної системи показали, що застосування синтезованих анізотропійних регуляторів порівняно з типовими регуляторами дозволило скоротити час першого узгодження, підвищити плавність руху на низьких швидкостях, зменшити дисперсію помилки відпрацювання випадкового задаючого впливу.

Бібл. 15.

УДК 620.179

Федорович А.І. **Дослідження непараметричних критеріїв зсуву в задачах неруйнівного контролю** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(91). – Дніпропетровськ, 2014. – С. 18 – 22.

Розглянута задача виявлення змін статистичних закономірностей вибірок вимірювань, які містять інформацію про стан технічних об'єктів, за допомогою критеріїв непараметричної статистики зсуву. Шляхом проведення обчислювальних експериментів дослідженні ймовірності характеристики виявлення цих змін, та отриманні данні для порівняння різних критеріїв. А також для випадків, коли дослідженні вибірки мають різні закони розподілу та кореляцію.

Бібл. 2, іл. 2.

UDC 681.3.012:621.1

Ivaschenko V.P. **Specifics of constructing of maximally parallel algorithmic forms of the solving of the applied tasks** / V.P. Ivaschenko, G.G. Shvachych, M.A. Tkach // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.3 - 09.

The features of construction of maximally parallel algorithms of thermal conductivity equation's solution with the method of direct tasks of Dirichlet and Neumann are considered. Parallelization of the three-diagonal systems of equations allows to construct absolutely steady algorithms, having a maximal parallel form. It is achieved minimum time period of solving the applied tasks on parallel computing devices.

Bibl. 13.

UDC 621.3.076

Kuznetsov B.I., Nikitina T.B., Tatarchenko M.O., Khomenko V.V. **Multicriterion synthesis of multimass electromechanical systems based on stochastic multiagents optimization algorithms by particle swarm** // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.10 - 17.

A method of multicriterion anisotropic regulators synthesis by multimass electromechanical systems that can satisfy various requirements that apply to the work of multimass electromechanical systems in different modes is developed. Proved and developed a method of selecting the matrices with which formed the target vector stochastic robust control by solving a nonlinear programming problem based on stochastic multiagents optimization algorithms by particle swarm. Minimizing the anisotropic norm of a stochastic system provides a minimum sensitivity of the synthesized system to modify the plant models and external influences. The results of experimental studies of two-mass electromechanical system showed that the use of synthesized anisotropic regulators compared with standard controls has reduced the time of the first agreement, to increase the smoothness of motion at low speeds, to reduce the variance of the random errors mining master control.

Ref. 15.

UDC 620.179

Fedorovich A.I. **Study nonparametric shift in problems NDT** // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.18 - 22.

The problem of detecting a change in the statistical regularities of measurement samples, containing information about the state of technical objects, using the criteria of non-parametric statistics shifts. By conducting computational experiments investigated the probabilistic characteristics of detecting these changes and new data to compare different criteria. And also for the cases when the initial sample of random variables have different laws of probability distributions and correlation.

Bibl. 2, ill. 2.

UDC 629-78

Khramov D. A. **Computer simulation of heavy rope's deployment with use of physics engines** // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.23 - 31.

Physical engines are the computer libraries for simulation of multibody systems motion, which can add or remove the body directly in the calculations runtime. They are a useful tool for studying the dynamics of systems whose structure changes during movement. An algorithm of heavy rope's deployment composed of pivotally connected rigid bodies that adds in deployment sequence has been proposed. Simulations were performed using the Box2D and Bullet engines. The possibilities of verifying the results were demonstrated.

Bibl. 18.

UDC 004.272.43.003.13

Ivaschenko V.P. **Prospects of network interface InfiniBand in multiprocessor computer systems for solving tasks of calculations' area spreading** / V.P. Ivaschenko, G.G. Shvachych, M.A. Tkach // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.32 - 43.

The article investigates the specific application InfiniBand network interface in a multiprocessor computer system for tasks aimed at increasing the computational domain. The main patterns regarding the computing time of a task depending on changes in the field of computing in a multiprocessor system. The carried out researches had the aim to determine the deceleration rate calculations. The rate is connected with an increase in the computational domain of multiprocessor system in comparison with a computer having the unlimited field of computing.

Bibl. 13, ill. 2, tabl. 2.

UDC 621.3.048.1 : 004.93

Skrupskaya L.S., Oliynyk A.A., Polyakov M.A. **The Method of failure prediction in the high voltage transformer equipment based on the metric classification of diagnostic features' trends** // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.44 - 52.

The process of diagnosing of high-voltage transformers has been realized. The problem of measurements clustering of transformers' diagnostic features has been solved. The method which is based on the metric classification and allows predicting the residual life of the high-voltage transformer equipment has been proposed. An experimental study of the proposed method which confirmed its effectiveness in practice has been performed.

Bibl. 7, il. 1, tabl. 2.

UDC 519.25

Bakhrushin V.E., Dudko I.O. **Determination of critical values of the Kolmogorov - Smirnov type criterion for some types of distribution by the Monte-Carlo method** // System technologies. N 2(91) - Dnipropetrovsk, 2014.- P.53 - 58.

In the article it is considered the problem of the critical values estimating for the Kolmogorov - Smirnov type criterion by Monte Carlo method in the case when the parameters of distribution models are obtained by minimizing the calculated values of this criterion.

Bibl. 5, figs. 1, tabl. 2.

**Івашенко Валерій Петрович** - д.т.н., проф., перший проректор НМетАУ.  
**Швачич Геннадій Григорович** - д.т.н., проф., НМетАУ.  
**Ткач Максим Олександрович** - НМетАУ.  
**Кузнецов Борис Іванович** - д.т.н., проф., заведуючий відділом проблем управління магнітним полем Інститута технічних проблем магнетизма.  
**Никитина Татяна Борисовна** - д.т.н., професор кафедри системного аналізу і управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».  
**Татарченко Максим Олегович** - аспірант кафедри системного аналізу і управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».  
**Хоменко Віктор Віталєвич** - аспірант кафедри системного аналізу і управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».  
**Федорович Анна Ігорівна** - Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, викладач кафедри Радіоелектронної автоматики, фізико-технічного факультету.  
**Храмов Дмитрій Олександрович** - старший науковий співробітник, к.т.н., Інститут технічної механіки НАН України і НКА України, Відділ системного аналізу і проблем управління.  
**Скрупская Людмила Степановна** - аспірант, асистент кафедри електричних і електронних апаратів Запорізького національного технічного університету.  
**Олейник Андрей Александрович** - к.т.н., доцент кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету.  
**Поляков Михаил Алексеевич** - к.т.н., доцент кафедри електричних і електронних апаратів Запорізького національного технічного університету.  
**Бажушин Володимир Євгенович** - академік АН вищої школи України, д.фіз.-мат.н., професор, Класичний приватний університет, м. Запоріжжя.  
**Дудко Іван Олександрович** - аспірант, Класичний приватний університет, м. Запоріжжя.  
**Ермакова В.О.** - студентка 4-ого курсу Національної металургічної академії України, кафедра Інформаційних технологій і систем.  
**Селиверстова Т.І.** - к.т.н., доцент Національної металургічної академії України, кафедра Інформаційних технологій і систем.  
**Кириченко Людмила Олеговна** - д.т.н., професор кафедри прикладної математики Харківського національного університету радіоелектроніки.  
**Кирия Руслан Виссарионович** - к.т.н., ст. научн. Сотрудник, Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України.

**Мищенко Тамара Федоровна** - ведучий інженер, Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України.  
**Бабенко Юлія Васильєвна** - аспірантка, Національна металургічна академія України.  
**Бейцун Сергей Викторович** - к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів НМетАУ.  
**Михайловський Николай Владимирович** - к.т.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів НМетАУ.  
**Островская Екатерина Юрьевна** - к.т.н., доцент кафедри Інформаційних технологій і систем, НМетАУ.  
**Колбун Дмитрий Александрович** - студент 5-курса кафедри Інформаційних технологій і систем, НМетАУ.  
**Рудакова Ганна Володимирівна** - к.т.н., доцент кафедри «Технічна кібернетика», Херсонський національний технічний університет.  
**Поливода Оксана Валеріївна** - асистент кафедри «Технічна кібернетика», Херсонський національний технічний університет.  
**Бондаренко Едуард Николаевич** - бакалавр, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара.  
**Станіна Ольга Дмитрівна** - аспірант каф. САіУ, ДВНЗ «Національний гірничий університет».  
**Бодяньський Євгеній Володимирович** - д.т.н., професор, науковий керівник Проблемної науково-дослідної лабораторії АСУ, професор кафедри штучного інтелекту, Харківський національний університет радіоелектроніки.  
**Винокурова Олена Анатоліївна** - д.т.н., провідний науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії АСУ, професор кафедри безпеки інформаційних технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки.  
**Мулеса Павло Павлович** - викладач кафедри кібернетики і прикладної математики, ДВНЗ «Ужгородський національний університет».  
**Перова Ірина Геннадіївна** - к.т.н., старший викладач кафедри біомедичної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки.  
**Евтушенко Галина Львовна** - аспірант кафедри інформаційних технологій і систем НМетАУ.  
**Воюев Александр Сергеевич** - студент кафедри інформаційних технологій і систем НМетАУ.  
**Градовський Александр Олегович** - студент кафедри інформаційних технологій і систем НМетАУ.  
**Грачев Николай Анатольевич** - студент кафедри інформаційних технологій і систем НМетАУ.  
**Макаров Владимир Геннадьевич** - студент кафедри інформаційних технологій і систем НМетАУ.  
**Штефан Юлія Сергеевна** - студент кафедри інформаційних технологій і систем НМетАУ.

Дейнеко Анастасия Александровна - аспирантка кафедры искусственного интеллекта, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

Дейнеко Жанна Валентиновна - доцент кафедры медиасистем и технологий, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

Турута Алексей Петрович - доцент кафедры программной инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

Гуда Аятон Игоревич - к.т.н, доцент кафедры ІТС НМетАУ.

Михальов Олександр Ілліч - д.т.н, професор, зав. кафедри ІТС НМетАУ.

Гнатушенко Володимир Володимирович - д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизованих систем обробки інформації Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

Кавац Алена Александровна - доцент кафедры «Информационных технологий и систем», Национальная металлургическая академия Украины.

Кибукевич Юлия Олеговна - аспирант кафедры «Информационных технологий и систем», Национальная металлургическая академия Украины.

## Системні технології ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 2 (91)

Головний редактор: д.т.н., проф., О.Г. Величко  
Шеф-редактор: д.т.н., проф. О.І. Михальов  
Комп'ютерна верстка та коректура: к.т.н., доц. К.Ю. Островська

---

Здано до набору 03.03.2014. Підписано до друку 05.03.2014.  
Формат 60x84 1/16. Друк - різнограф. Папір типограф.  
Умов. друк арк. - 12,85. Обл.-видавн. арк. - 11,25.  
Тираж 300 прим. Замовл. - 02/14

---

Національна металургійна академія України,  
кафедра Інформаційних технологій та систем: ІВК «Системні технології»  
49005, Дніпропетровськ, а/с 493  
<http://st.nmetau.edu.ua>  
*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:  
Серія КВ № 8684 від 23 квітня 2004 рік*

## Редакційна рада

**Величко Олександр Григорович**  
Член-кореспондент НАН України,  
професор, доктор технічних наук,  
ректор  
(головний редактор)

**Гасик Михайло Іванович**  
академік НАН України

**Дейнеко Леонід Миколайович**  
професор, доктор технічних наук

**Дідик Ростислав Петрович**  
професор, доктор технічних наук

**Дронт Микола Михайлович**  
професор, доктор технічних наук

**Іващенко Валерій Петрович**  
професор, доктор технічних наук

**Коробочка Олександр Миколайович**  
(*вчений секретар*)  
професор, доктор технічних наук

**Малайчук Валентин Павлович**  
професор, доктор технічних наук

**Михальов Олександр Ілліч**  
(*заст. головного редактора*)  
професор, доктор технічних наук

**Шумейко Олександр Олексійович**  
професор, доктор технічних наук

**Пройдак Юрій Сергійович**  
професор, доктор технічних наук

**Стебляк Павло Олексійович**  
професор, доктор фізико-математичних наук

**Хричіков Валерій Євгенович**  
професор, доктор технічних наук

**Шатоха Володимир Іванович**  
професор, доктор технічних наук

Національна металургійна  
академія України

Національна металургійна  
академія України

Національна металургійна  
академія України

Національний гірничий  
університет

Дніпропетровський національний  
університет

Національна металургійна  
академія України

Дніпродзержинський державний  
технічний університет

Дніпропетровський національний  
університет

Національна металургійна  
академія України

Дніпродзержинський державний  
технічний університет

Національна металургійна  
академія України

Дніпродзержинський державний  
технічний університет

Національна металургійна  
академія України

Національна металургійна  
академія України