

УДК 629.36:004.8

## СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МЕХАТРОНИХ І НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ КОЛІСНИХ ТА ГУСЕНИЧНИХ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ. ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ

**О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., М.В. Сіндєєв, аспірант, В.Ю. Улько, аспірант, Л.Є. Кулакова, інженер, О.О. Цепочко, студент ХНАДУ**

***Анотація.** Синтезовано інформаційно-комунікаційних технології для мехатронних і навігаційних систем колісних та гусеничних машин спеціального призначення на основі об'єднання синергетичного підходу і методів транспортної телематики, інтелектуального управління і еволюційного моделювання, реалізація систем на мікроконтролерах і випробування їх на стендах.*

***Ключові слова:** інформаційно-комунікаційні технології, транспортні засоби спеціального призначення, мехатроніка, телематика, навігаційні системи, штучний інтелект*

## СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МЕХАТРОННЫХ И НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ

**О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., М.В. Синдеев, аспирант, В.Ю. Улько, аспирант, Л.Е. Кулакова, инженер, А.О. Цепочко, студент ХНАДУ**

***Аннотация.** Синтезированы информационно-коммуникационных технологии для мехатронных и навигационных систем колесных и гусеничных машин специального назначения на основе объединения синергетического подхода и методов транспортной телематики, интеллектуального управления и эволюционного моделирования, реализация систем на микроконтроллерах и испытания их на стендах.*

***Ключевые слова:** информационно-коммуникационные технологии, транспортные средства специального назначения, мехатроника, телематика, навигационные системы, искусственный интеллект*

## SYNTHESIS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR MECHATRONIC AND NAVIGATION SYSTEMS OF SPECIAL-PURPOSE WHEELED AND TRACKED MACHINES. GENETIC ALGORITHMS

**O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc., M.V. Sindyejev, post graduate student, V.Y. Ulko, post graduate student, L.Ye. Kulakova, engineer, O.O. Tsepochko, student KhNAHU**

***Annotation.** Synthesized information and communication technology for the mechatronic and navigation systems of special purposes wheeled and tracked vehicles by combining the synergistic approach and methods of transport telematics, intelligent control and evolutionary modeling, implementation on the microcontroller systems and on the test bench.*

***Keywords:** information and communication technology, special purpose vehicles, mechatronics, telematics, navigation systems, artificial intelligence*

### Вступ

Колісні та гусеничні машини (КГМ) спеціального призначення мають широкий спектр

можливостей, який у повному обсязі не доступний звичайним автомобілям та тракторам. КГМ спеціального призначення працюють в складних умовах експлуатації, інтенсивних

навантажень, підвищеної відповідальності механізмів і поєднують в собі швидкохідність, маневреність, високу прохідність та вантажопідйомність. Розвиток та удосконалення КГМ спеціального призначення характеризуються безперервним покращенням існуючих і створенням нових бортових інформаційно-комунікаційних систем (ІКС), що забезпечують підвищення ефективності цих машин.

В Україні зосереджена значна частина промисловості колишнього СРСР, а також знаходяться науково-дослідні інститути і конструкторські бюро з машинобудування, в яких були створені різноманітні КГМ спеціального призначення. Більшість цих машин, оснащені двигунами розробки Харківського конструкторського бюро з двигунобудування, підтверджують той факт, що Україна залишається одним із світових лідерів в галузі будування КГМ спеціального призначення.

Однак численні демонстрації вітчизняних КГМ спеціального призначення на міжнародних виставках і салонах довели не лише позитивні властивості цих машин. Тому необхідно здійснити комплексну модернізацію ІКС КГМ спеціального призначення і побудувати інтегровані інформаційно-комунікаційні телематичні системи (ІКТС), що дозволить якісно підвищити їх точність, функціональну і структурну надійність, якість перехідних процесів при відпрацюванні керуючих сигналів при внутрішніх та зовнішніх збуреннях, а також знизити навантаження на екіпаж і витрати енергоресурсів.

#### **Аналіз досліджень та публікацій**

Шляхи вирішення поставленої проблеми ведуть до розроблення методів і алгоритмів синтезу ІКТС з використанням розвиненої математичної моделі об'єкту керування з урахуванням його нелінійних характеристик, інтелектуальних систем керування, новітніх інформаційних технологій, а також стохастичних характеристик зовнішніх збурень, що діють на об'єкт. Інтелектуалізації таких систем можна досягнути насамперед на основі багатoshарових нейронних мереж (ШНМ) і методів еволюційного моделювання, зокрема генетичних алгоритмів (ГА), а також нечіткої логіки і гібридних нейро-фаззи архітектур [1-9].

#### **Мета та постановка задачі**

Метою роботи є розроблення і синтез контурів управління інтегрованих інформаційно-комунікаційних телематичних систем для колісних та гусеничних машин спеціального призначення на основі об'єднання синергетичного підходу і методів транспортної телематики, інтелектуального управління і еволюційного моделювання, реалізація систем на мікроконтролерах і випробування їх на стендах.

Аналіз науково-технічної і патентної літератури з питань створення автоматичних та інформаційно-керуючих систем колісних та гусеничних машин спеціального призначення дозволяє зробити висновок про те, що сучасні цифрові автоматичні та інформаційно-керуючі системи таких машин з високими технічними характеристиками можуть бути побудовані з використанням розвиненої математичної моделі об'єкту керування з урахуванням його нелінійних характеристик, а також стохастичних характеристик зовнішніх збурень, що діють на об'єкт. Для параметричного синтезу таких систем треба застосовувати інваріантні інтелектуальні системи зі змінною структурою на основі теорії штучних нейронних мереж та генетичних алгоритмів.

#### **Використання генетичних алгоритмів у задачах синтезу інформаційно-комунікаційних телематичних систем**

Імітаційні методи моделювання, що отримали поширення в останній час в задачах управління, пред'являють якісно нові вимоги до рішення задач параметричної оптимізації. На заміну аналітичним непрямим прийомом обчислення оптимальних варіюваних параметрів регуляторів усе активніше приходять чисельні алгоритми оптимізації [5-10].

Досвід дослідження алгоритмів управління показав, що для досить простих одноконтурних систем управління (СУ) з лінійними регуляторами задачі оптимізації, як правило, є одноекстремальними. Однак для складних багатоконтурних систем управління і систем управління з нейроконтролерами характерно поряд із глобальним наявність великого числа локальних екстремумів. Крім того, локальні екстремуми з'являються і при введенні обмежень на простір пошуку.

Для рішення однокстремальних задач оптимізації існує достатнє число градієнтних і чисельних алгоритмів. Одним з таких алгоритмів є метод деформованого багатогранника Нелдера-Міда [10]. При оптимізації одноконтурної СУ із ПІ-регулятором такий алгоритм стійко знаходить оптимальні значення варіюваних параметрів  $k_1$  і  $k_2$  для цільової функції виду

$$I(k_1, k_2, \psi, t) = I_1 \cdot (1 + a \cdot |\psi_{zd} - \psi|) \rightarrow \min ,$$

де  $I_1 = \int_0^T |y(t)| dt$  – інтеграл по модулю регульованої величини  $y(t)$  на інтервалі часу перехідного процесу  $T$ ;  $\psi_{zd}$ ,  $\psi$  – заданий і поточний ступінь згасання перехідного процесу регулювання відповідно;  $a$  – масштабний коефіцієнт, що враховує вагу штрафної функції.

Застосування методу деформованого багатогранника для оптимізації двоконтурної СУ, а також СУ з нейроконтролерами різної структури приводить до неоднозначності рішення. У кожному випадку результати залежать від обраних початкових координат. З цього слідує висновок про багатокстремальність подібних задач, і для їхнього рішення потрібні методи глобальної оптимізації.

У теперішній час найбільш кращими методами багатокстремальної оптимізації є генетичні алгоритми, що реалізують постулати теорії еволюції і досвіду селекції рослин і тварин [9, 11]. Стратегія пошуку оптимального рішення в генетичних алгоритмах спирається на гіпотезу селекції: чим вище пристосованість особини, тим вище ймовірність того, що у нащадків, отриманих з її участю, ознаки, що визначають пристосованість, будуть виражені ще сильніше. Алгоритм у процесі пошуку використовує кодування множини параметрів замість самих параметрів, тому він може ефективно застосовуватися для рішення задач дискретної оптимізації, визначених як на числових множинах, так і на кінцевих множинах довільної природи.

ГА застосовуються при розробці програмного забезпечення, у системах штучного інтелекту, оптимізації, штучних нейронних мережах і в інших галузях знань. Слід зазначити, що з їхньою допомогою вирішуються за-

дачі, для яких раніше використовувалися тільки нейронні мережі. У цьому випадку генетичні алгоритми виступають просто в ролі незалежного від нейронних мереж альтернативного методу, призначеного для вирішення тієї ж самої задачі. ГА часто використовуються разом з нейронними мережами. Вони можуть підтримувати нейронні мережі або, навпаки, обидва методи взаємодіють у рамках гібридної системи, призначеної для вирішення конкретної задачі. ГА також застосовуються разом з нечіткими системами.

Ідею ГА висловив Дж. Холланд (Мічиганський університет) [9] наприкінці шістдесятих – початку сімдесятих років ХХ століття. Надалі Д. Голдберг [11] висунув ряд гіпотез і теорій, що допомагають глибше зрозуміти природу ГА. К. ДеДжонг першим звернув увагу на важливість настроювання параметрів ГА для загальної ефективності роботи і запропонував свій оптимальний варіант підбору параметрів, що послужив основою для всіх подальших досліджень. Істотний внесок у ці дослідження внесли також Дж. Грефенстетт і Г. Сесверда [12].

ГА являє собою метод, що відображає природну еволюцію методів рішення проблем і, в першу чергу, задач оптимізації. ГА – це процедури пошуку, засновані на механізмах природного добору і спадкування. У них використовується еволюційний принцип виживання найбільш пристосованих особин. Вони відрізняються від традиційних методів оптимізації декількома базовими елементами. Зокрема, ГА:

- 1) обробляють не значення параметрів самої задачі, а їх закодовану форму;
- 2) здійснюють пошук рішення, виходячи не з єдиної точки, а з їхньої деякої популяції;
- 3) використовують тільки цільову функцію, а не її похідні або іншу додаткову інформацію;
- 4) застосовують ймовірнісні, а не детерміновані правила вибору.

Перераховані чотири властивості, які можна сформулювати також як кодування параметрів, операції на популяціях, використання мінімуму інформації про задачу і рандомізація операцій призводять у результаті до стійкості генетичних алгоритмів і до їхньої переваги над іншими широко застосовуваними технологіями.

## Висновки

Аналіз науково-технічної і патентної літератури з питань створення автоматичних та ІКС колісних та гусеничних машин спеціального призначення дозволяє зробити висновки про те, що сучасні цифрові автоматичні та ІКС таких машин з високими технічними характеристиками можуть бути побудовані з використанням розвиненої математичної моделі об'єкту управління з урахуванням його нелінійних характеристик, а також стохастичних характеристик зовнішніх збурень, що діють на об'єкт. Для параметричного синтезу таких систем необхідно застосовувати інваріантні інтелектуальні системи зі змінною структурою на основі теорії штучних нейронних мереж та генетичних алгоритмів, тому що існуючі системи з ПД-регуляторами вже не в змозі задовольнити сучасним вимогам, які пред'являються до автоматичних і ІКС колісних та гусеничних машин спеціального призначення. Застосування інформаційно-комунікаційних телематичних систем таких машин на основі штучних нейронних мереж і методів еволюційного моделювання дозволить якісно підвищити їх точність, функціональну і структурну надійність, якість динамічних процесів при відпрацюванні керуючих сигналів і внутрішніх та зовнішніх збурюючих дій, а також знизити навантаження на екіпаж.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом №Ф62/106-2015 від 30 жовтня 2015р. «Розроблення та впровадження новітніх інформаційно-комунікаційних технологій для мехатронних і навігаційних систем броньованих колісних та гусеничних машин».

## Література

1. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика [Текст] : [монографія] / Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Двандненко В.Я.; Харк. нац. автомобільно-дорожній ун-т. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
2. Ніконов О.Я. Інтелектуальна інформаційно-керуюча система транспортного дизеля: навчальний посібник / О.Я. Ніконов, О.С. Назаров. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 80с.

3. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем / В.П. Волков, Ю.В. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов. – Харків: ХНАДУ, 2013. – 400с.
4. Никонов О.Я. Объекты бронетанковой техники как компоненты интеллектуальной системы управления взаимодействием с единым информационным пространством / О.Я. Никонов // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – № 1. – С. 176-183.
5. Shuliakov V. Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Regulators in the Controlled System by the Vehicle Suspension / V. Shuliakov, O. Nikonov, V. Fastovec // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. – Vol. 1, № 3, 2015, pp. 66-72.
6. Исии Т. Мехатроника / Исии Т., Симояма И., Иноуэ Х.: пер. с япон. – М.: Мир, 1988. – 387 с.
7. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / В.И. Гостев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.
8. Ali H.K. Fuzzy Controller Design of Servo System / H.K. Ali // Asian Journal of Applied Science. – 2011. – P. 403-413.
9. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence / Holland J. H. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
10. Nelder J. A. A Simplex Method For Function Minimization / J. A. Nelder, R. Mead // Computer J. – 1964. – № 7. – P. 308-313.
11. Goldberg D. E. Genetic Algorithms in Search Optimizations and Machine Learning / Goldberg D. E. – Addison-Wesley, 1989. – 412 p.
12. Syswerda G. Nonstationary function optimization using genetic algorithms with dominance and diploidy / G. Syswerda // Proc. of Second Int.Conf. on Genetic Algorithms and Their Applications. – Cambridge, MA: Lawrence Erlbaum. – 1987. – P. 59-68.

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2016 р.