

# Методика Оперативної Діяльності Рішень Пошуку Безпечного Маршруту Військових Одиниць у Бойових Умовах на Основі Параметричного Синтезу та Алгоритму Рою Часток

Василь Литвин  
кафедра інформаційних систем та мереж  
Національний університет «ЛП»,  
Львів, Україна  
vasyl.v.lytvyn@lpnu.ua

Олексій Іл'юк  
кафедра інформаційних систем  
Національний технічний університет «ХПІ»  
Чернівці, Україна  
olexiyilyukm@gmail.com

Дмитро Угрин  
кафедра інформаційних систем  
Національний технічний університет «ХПІ»  
Чернівці, Україна  
ugrund@gmail.com

## Method of Optional Optimization of Solutions to Search the Safety Route of Military Units in Board Conditions Based on Parametric Synthesis and Algorithm of Sections

Vasyl Lytvyn  
Dept. of Information Systems and Networks  
«LP» National University  
Lviv, Ukraine  
vasyl.v.lytvyn@lpnu.ua

Olexiy Iliiyuk  
Dept. of Information Systems  
«KhPI» National Technical University  
Chernivtsi, Ukraine  
olexiyilyukm@gmail.com

Dmytro Uhryn  
Dept. of Information Systems  
«KhPI» National Technical University  
Chernivtsi, Ukraine  
ugrund@gmail.com

*Анотація*—Запропоновано метод забезпечення надійності технічних систем пошуку безпечного маршруту військових одиниць в бойових умовах. Розроблено математичну модель забезпечення надійності технічних систем на основі оптимізації параметричного синтезу та алгоритму рою часток. Визначені області потенційного застосування методу

та виконаний аналіз порівняння запропонованого методу та класичних підходів.

*Abstract*—The method of finding a safe position of military units during combat operations by using neural networks and frogs' algorithm is proposed. The mathematical model of the safe

position finding method is developed. The SWOT analysis of the proposed method is performed. Areas of potential application of the method are determined.

*Ключові слова*—алгоритм рою часток; безпечний шлях; забезпечення надійності; параметричний синтез

*Keywords*—neural networks, safe route, forecasting solutions, covering clusters

## I. ВСТУП

Нечіткі результати, що отримані процесами постановки внутрішніх параметрів технічних систем, які застосовуються при задачах, де присутній фактор дестабілізації (нечіткі системи) виникають дуже часто. Прикладом є незбіжності реальних значень при введених початкових даних у систему. У військовій спеціалізації такі системи потребують ретельного підходу і максимальної точності початкових даних.

Подальше опрацювання попередніх даних розвідки у системі не має мати в собі такі поняття як наближення та потенційний результат. В задачах такого типу має бути присутній фактор точності та надійності.

Потрібний рівень надійності системи технічного призначення можна забезпечити на стадії проектування. Одним із можливих підходів в такому випадку являється рішення задачі оптимального параметричного синтезу по критерію параметричної надійності, яка полягає у виборі таких номінальних значень параметрів, при яких система, що досліджується задовольняла б потреби функціонування протягом всього заданого періоду експлуатації.

## II. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Процес проектування надійності технічних систем пошуку безпечного маршруту військових одиниць у бойових умовах є багатостадійним процесом. Одною із стадій проектування є параметричний синтез, який виявляє оптимальні значення параметрів елементів при відомій структурі системи. Для випадку військової специфіки в якості таких параметрів зазвичай виступають пропускну здатності військових груп, вогнева та оборонна потуга.

При рішенні задач параметричного синтезу в багатьох випадках недостатньо обмежуватися лінійними моделями. До прикладу, лінійна модель, яка не враховує нелінійні параметри, тобто характер їх якості та інтенсивність змін. Отримані в результаті залежності необхідно використовувати у складі обмеження цільової функції при рішенні задач параметричного синтезу.

Наявність великої кількості параметрів на кожному графі впливають негативно на ефективність пошуку оптимального рішення. Тому необхідним є зменшити (відсіювати) вже відомі рішення, які пройшли етап синтезу.

У роботах [1–3] запропоновано динамічну модель структурно-функціонального синтезу транспортної моделі. За допомогою такої моделі забезпечується рішення задач по вибору топології і пропускну здатностей динамічної структури.

Також у методах [4–6], на основі аналізу великої кількості робіт по дослідженню трафіку IP-сітки приведена класифікація даного трафіку і кожному виду трафіку надається закон розподілення. У військовій спеціалізації такий підхід можна використовувати на кожному графі у топології місцевості. Проте він не дозволить відсіювати відомі рішення, що значно зменшить ефективність виконання алгоритму роботи.

У роботі [8] проводиться дослідження характерних ознак потоків даних. Отримані вирази дозволяють визначити значення параметра Херста для випадків, коли два потоки (в нашому випадку графі) мають однакові значення. Як наслідок такий підхід дозволить визначити два чи більше рішення на певну кількість графів [9–10].

Проаналізовані дослідження та публікації дозволяють визначити характер задачі, а саме проектування методу, який дозволить об'єднати функції синтезу отриманих рішень, їх розподілення по топології місцевості та відсіювання вже відомих раніше рішень.

## III. ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТИ СТАТТІ

Розробити алгоритм забезпечення надійності технічних систем пошуку безпечного маршруту військових одиниць у бойових умовах використовуючи оптимізацію параметричного синтезу.

Для поставленої мети необхідно:

1. Проаналізувати існуючі рішення задач даного типу;
2. Розробити математичну модель параметричного синтезу у військовій специфіці;
3. Розробити алгоритм забезпечення надійності технічних систем пошуку безпечного маршруту військових одиниць у бойових умовах;
4. Порівняти отримані результати із класичними технічними системами.

## IV. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В загальному випадку модель технічних систем можна уявити в залежності  $y = y(x)$ , де  $x \in R^n$  і  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T \in R^n$  – вихідні параметри системи. Необхідно відмітити, що моделі параметричного синтезу, на прикладі яких розглядається пропонований підхід, як правило, не задані в аналітичній формі, а є імітаційними. В процесі експлуатації технічних систем номіновані значення внутрішніх параметрів змінюються в часі. Таким чином, розглядається не лише вектор фіксованих значень, а й узагальнений процес  $X = X(x_{nom}, t)$  їх зміни.

Крім модельних співвідношень задаються допуски на значення внутрішніх параметрів у вигляді нерівностей:

$$x_{i,\min} \leq x_i \leq x_{i,\max}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Ці обмеження формують  $n$ -мірний паралепіпед допусків  $B_T$ :

$$B_T = \{x \in R^n : x_{i,\min} \leq x_i \leq x_{i,\max}, i = \overline{1, n}\}.$$

На вихідні параметри системи, керуючись вказаною специфікою системи також накладаються інтервальні обмеження, які названі умовами придатності:

$$y_{\min} \leq y(x) \leq y_{\max}.$$

Наступна умова визначає внутрішні параметри системи, а саме область роботи  $D_x$ :

$$D_x = \{x \in R^n : y_{\min} \leq y(x) \leq y_{\max}\}.$$

Результатом відмови буде вихід параметрів за межі опрацьованої області. Тому задача забезпечення надійності по поступовим відмовам полягає у виборі номінальних значень внутрішніх параметрів системи  $x_{nom} = (x_{nom1}, x_{nom2}, \dots, x_{nomn})^T$ . Такий процес здійснюється для того, щоб відсіювати рішення із фактором наближення.

Якщо не відсіювати рішення із фактором наближення, то у більшості випадків, вирішити задачу забезпечення надійності системи шляхом поступової відмови не буде можливим через неповноцінну вхідну інформацію.

Для забезпечення цілісності інформації необхідно використати алгоритм, який дозволить опрацьовувати вхідні дані відсіюючи хибні рішення, при цьому не втрачаючи структурної цілісності.

В середині 90-х років 20 століття психологом Джеймсом Кеннеді та інженером Расселом Еберхартом був розроблений та доведений новий метод оптимізації нелінійних функцій нульового порядку, що заснований на алгоритмі, який імітує поведінку рою. Як наслідок, іншими дослідниками були розглянуті різні модифікації оригінального методу. В даній роботі використовується модифікація класичного алгоритму рою часток, запропонованого у 1998 році та адаптовано під задачу оптимального параметричного синтезу по критерію параметричної надійності в бойових умовах.

Рій часток являє собою множину  $\{P_j, j = \overline{1, L}\}$ , де  $L$  є часткою із заданими зв'язками серед інших часток. Кожна частинка  $P_j$  і весь рій в цілому характеризують ряд параметрів, які визначають їх стан у конкретний момент часу:

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  – розташування частинок у області внутрішніх параметрів;

$V = (V_1, V_2, \dots, V_n)^T$  – швидкість частинок;

$pbest = (pb_1, pb_2, \dots, pb_n)^T$  – краща локальна точка значення координат локального оптимуму та цільової функції у заданій точці;

$gbest = (gb_1, gb_2, \dots, gb_n)^T$  – глобальне рішення.

Вектор  $V$  характеризується змінами положення частинок за одиницю часу рівно одній ітерації алгоритму. На етапі ініціалізації алгоритму вектори  $x$  та  $V$  являють собою спосіб розподілення допусків  $B_T$ . На кожній ітерації алгоритму напрямок та довжина вектора швидкості кожної із частинок корегуються у співвідношенні із отриманими вхідними даними знайдених частинок  $P_j$  на локальних оптимумах за формулою:

$$\tilde{V}_i = \omega V_i + a_1 \times rnd \times (pb_i - x_i) + a_2 \times rnd \times (gb_i - x_i),$$

де  $\tilde{V}_i$  – компонент вектора швидкості частинок на наступній ітерації,  $V_i$  – компонент вектора швидкості частинок на попередній ітерації,  $\omega$  – коефіцієнт ітерації,  $a_1, a_2$  – постійне прискорення,  $rnd$  – початкова величина.

Після початкової ініціалізації запускається ітераційний процес. На кожній ітерації алгоритму відбувається зміна положення частинок по формулі:

$$\tilde{x}_i = x_i + \tilde{V}_i.$$

На рисунку 1 представлений алгоритм роботи рою часток. Критерії зупинки в загальному випадку можуть бути різними: кількість ітерацій, час роботи, не знайдене рішення за час роботи алгоритму. В роботі використовується критерій досягнення з деякою точністю, що завчасно взята за допомогою методу глобального оптимального рішення.

Не дивлячись на нескладну логіку роботи алгоритму на практиці іноді складно досягти ефективного застосування. Алгоритм надає максимально ефективний результат тільки в тому випадку, коли дані за попередньою розвідкою є чіткими і незмінними. Від вибору топології рою часток, яка знаходиться за допомогою роботи із графами, визначаються інформаційні зв'язки. Крім того, від вибору топології, як правило, залежить швидкість руху часток і розмір популяції. Занадто великий розмір популяції може призвести до ранньої збіжності у будь-якому локальному екстремумі. Топологія буде вважатись оптимальною, у якій досягнута краще значення цільової функції. Тобто про те рішення, яке досягнула одна частинка дізнаються всі інші і використовуватимуть поточне рішення.

Від вибору значень параметрів залежить поведінка інших частинок. Якщо частинки при дослідженні області зміщуються у великій степені в бік власної знайденої початкової позиції (локального оптимуму), то в іншому випадку – в бік глобального найкращого значення, тобто початкового скупчення частинок. Коефіцієнт ітерації відповідає за плавність змін. Він контролює швидкість частинок і налаштування балансу між дослідженням області та швидкістю збіжності алгоритму. Перелічені параметри можуть бути константами або змінюватись по двом законам (лінійному або нелінійному). В роботі використовуються фіксовані значення параметрів.

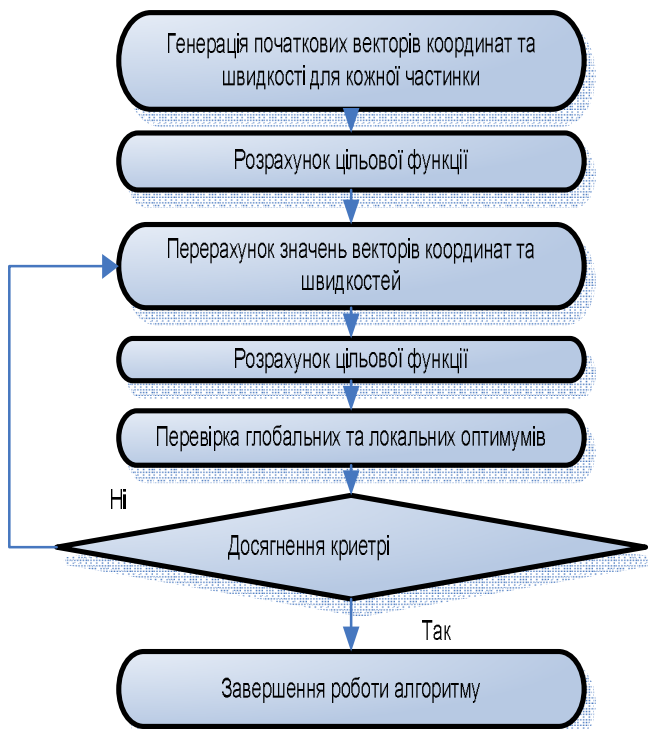


Рис. 1. Алгоритм роботи пошуку надійного рішення

Оцінка ефективності алгоритму здійснюється по наступним критеріям надійність, швидкість збіжності і час роботи алгоритму. За даними критеріями проводиться статистичний аналіз.

Надійність алгоритму – відношення числа успішних запусків, в яких алгоритм виявляє із потрібною точністю оптимальне рішення до загального числа запусків.

Швидкість збіжності – число розрахунку цільової функції (ітерацій), при якій із заданою точністю алгоритм вперше знаходить глобальний оптимум.

Час роботи – термін роботи алгоритму, що вимірний у секундах. Він виміряється від початку до кінця роботи самого алгоритму.

Для знаходження кількісних значень запропонованих критеріїв було здійснено 100 запусків алгоритму із використанням в якості результату зупинку або точку досягнення глобального оптимуму.

Значення глобального оптимуму, який використовується в якості сталону для порівняння, було визначено доволно і однаково для усіх випадків.

#### ВИСНОВКИ

Отримані результати порівняння із класичним підходом рою часток у впровадженні надійності технічних систем було виявлено, що при використанні методу синтезу параметричної оптимізації можна уникнути збіжності роботи системи, яка дозволяє отримати ефективніші результати навіть при динамічній зміні критерій чи параметрів процесу.

#### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version) / W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger, D.V. Wilson // IEEE/ACM Trans, on Networking. — 1994. — Vol. 2, Issue 1. — P. 1—15.
- [2] Paxson V. Floyd S. Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling // Proc. ACM Sigcomm, London, UK. — 1994. — C. 257—268.
- [3] Ryu B., Lowen S. Point process models for self-similar network traffic, with applications // Stochastic Models. — 1998. — № 14(3). — P. 735—761.
- [4] Norros I. A Storage Model with Self-Similar Input // Queueing Systems. — 1994. — Vol. 16, No 3-4. — P. 387—396.
- [5] Шубин Е.В. Метод синтеза топологической структуры сети передачи данных по критерию минимальной стоимости с использованием генетического алгоритма: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.12.02. — X.: 2005. — 172 с.
- [6] Norros I. On the use of fractional Brownian motion in the theory of connectionless networks / I. Norros // Selected Areas in Communications, IEEE Journal. — 1995. — Vol. 13, Issue 6. — P. 953—962.
- [7] Patel A. Statistical Multiplexing of Self-Similar Traffic: Theoretical and Simulation Results [Electronic resource] / A. Patel, C. Williamson // University of Saskatchewan, Department of Computer Science. — 1997. — Mode of access: <http://www.cs.usask.ca/faculty/carey/papers/statmuxing.ps>
- [8] Orłowski S., Koster A.M.C.A., Raack C., Wessälly R. Two-layer network design by branch-and-cut featuring MIP-based heuristics // Proceedings of the 3rd International Network Optimization Conference (INOC 2007), Spa, Belgium – 2007. – P. 114–119.
- [9] Capone A., Carello, G., Matera, R., Multi-Layer Network Design with Multicast Traffic and Statistical Multiplexing // IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE GLOBECOM), Washington, USA – 2007. – P. 2565–2570
- [10] Агеев Д.В. Проектирование современных телекоммуникационных систем с использованием много-уровневых графов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4/2 (46). – С. 75 – 77.