

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБОРОННОГО ПЛАНУВАННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ОБЧИСЛЕНЬ

Визначено підходи для підвищення ефективності інформаційного забезпечення процесів управління та планування в органах військового управління. Розвинено підхід, який базується на використанні системи збалансованих показників та методології чисельної оптимізації дискретних технологічних та інформаційних процесів. Запропоновано модифікований алгоритм методу Швейцера для основної схеми оптимізації дискретних технологічних та інформаційних процесів оборонного планування з розпаралелюванням обчислень.

Вступ

Постановка проблеми. Питання оборони України на сьогодні надзвичайно актуальне у зв'язку зі збройною агресією, що триває. З метою забезпечення обороноздатності держави, як складова частина системи стратегічного планування та управління державними оборонними ресурсами, здійснюється оборонне планування. Основоположними документами оборонного планування в Україні є, в тому числі, державні програми розвитку воєнної організації держави, озброєння та військової техніки і оборонно-промислового комплексу, Державна комплексна програма реформування та розвитку (ДПР) Збройних Сил України (ЗСУ). Одним із важливих аспектів реалізації ДПР ЗСУ є продовження удосконалення системи управління (СУ) [1].

Однак аналіз результатів виконання заходів ДПР та планів утримання та розвитку ЗСУ показує невідповідність практичних результатів виконання цих заходів запланованим, що характеризує недостатню ефективність як планування так і виконання заходів розвитку ЗСУ. Підвищення ефективності оборонного планування потребує якісно нових підходів щодо складання програм та планів розвитку ЗСУ [2].

Ефективність планування та виконання заходів безпосередньо залежить від якості інформаційного забезпечення (ІЗ) процесів управління. Ефективне виконання посадовими особами органів військово-

го управління (ОВУ) своїх функцій в СУ ЗСУ можливо лише при комплексному використанні відповідних інформаційних масивів її складових, які у сукупності представляють інформаційне середовище ОВУ стратегічного та оперативного рівнів управління. Зазначені масиви накопичені та підтримуються за допомогою існуючих інформаційно-аналітичних та програмних систем ЗСУ. Зростання рівня оперативності та якості функціонування СУ доцільно здійснювати за рахунок поетапного створення інтегрованої автоматизованої системи управління (АСУ) ЗСУ.

Масштабність та динамічність процесів прийняття рішень щодо оборонних ресурсів ЗСУ – їх розподілу, плануванню і обліку виконання заходів вимагає від посадових осіб ОВУ оброблення значної кількості даних для прийняття обґрунтованих рішень, що в свою чергу стрімко збільшує обсяги інформаційних масивів. У таких умовах виникає протиріччя, пов'язане із багатократним зростанням обсягів інформації, потрібних для вирішення завдань управління, її різноманітністю, складністю та швидкоплинністю, з одного боку, та спроможністю посадових осіб обробляти за визначений час циклу управління великі обсяги інформації, з іншого боку.

Оскільки традиційні для оборонного планування способи збору та обробки інформації не задовольняють вимогам швидкодії, то для усунення цього протиріччя, виникає потреба у створенні та функ-

ціонуванні інтегрованої АСУ ЗСУ на науковому підґрунті і використанні інформаційного моделювання за допомогою новітніх інформаційних технологій (ІТ) із застосуванням відповідної методологічної бази.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для створення і підтримання на належному рівні оборонних ресурсів держави, а також ефективного управління ними для забезпечення розвитку Збройних Сил України здійснюється оборонне планування.

Проблемам побудови та використання автоматизованих систем підтримки оборонного планування присвячені роботи [3–9].

Одним з основних принципів оборонного планування є використання програмно-цільового методу управління. Методологічні основи програмно-цільового управління оборонним плануванням та використання для цього автоматизованих засобів описано в роботі [10]. Раніше було розроблено моделі оптимального розподілу обмежених ресурсів в умовах програмно-цільового методу планування [11–13].

При використанні програмно-цільового методу необхідно вирішити задачу оптимального розподілу обмежених ресурсів на програми для досягнення цілей. Тобто, у формалізованому вигляді, знаходження найбільш ефективної стратегії управління.

Підходи до знаходження найбільш ефективної стратегії управління запропоновано в роботах [13–15]. Ці підходи базуються на використанні методології автоматизації управління дискретними технологічними та інформаційними процесами (ДТП). Як показано у роботі [13], оптимізація бюджету міністерства належить до класу миттєвих ДТП. Також у роботах [13–15] було вивчено методи перетворення в стаціонарний скінченномірний дискретний процес обслуговування (ДПО) миттєвого ДТП. Для таких ДПО було розроблено ефективні методи знаходження оптимальної стратегії управління, які були реалі-

зовані зокрема в програмному комплексі Стратег.

Однак можливості застосування теоретичних напрацювань, описаних у зазначених роботах, щодо знаходження найбільш ефективної стратегії управління при плануванні оборонних ресурсів в багаторівневих ієрархічних системах організаційного управління, були обмежені через високу розмірність реальної моделі, що оптимізується, і як наслідок високу обчислювальну складність оптимізаційної задачі. Це призводило до використання спрощених моделей з кількістю фазових переходів до 10^5 .

Одним із способів вирішення проблеми великої розмірності моделі є підвищення ефективності обчислень, яке можливо досягнути, зокрема, шляхом розпаралелювання обчислень. Для цього запропоновано математичну модель чисельної оптимізації дискретних технологічних та інформаційних процесів (ДТП) оборонного планування на основі збалансованої системи показників [12]. У відповідності до методології АУ ДТП для моделі необхідно розрахувати параметри фазових переходів та, за розрахованими параметрами, знайти оптимальну стратегію управління.

Метод розрахунку параметрів фазових переходів для ДТП стратегічного планування з розпаралелюванням обчислень для моделей реальної розмірності описано у роботі [16].

Аналогічних підходів для пошуку оптимальної стратегії управління раніше не було запропоновано. Хоча використання більш ефективного обчислювального алгоритму пошуку оптимальної стратегії дозволить використати моделі реальної розмірності для вирішення задач планування оборонних ресурсів, а отже підвищити їх ефективність.

Таким чином, *метою* статті є визначення підходів щодо підвищення ефективності ІЗ процесів управління та планування в ОВУ. Зокрема викладення запропонованого авторами підходу для підвищення ефективності пошуку оптимальної стратегії управління ДТП оборонного

планування з розпаралелюванням обчислень.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз досвіду передових країн світу, як у військовій, так і невійськовій сферах [4] показав, що всі країни починали з розробки автономних АС за організаційно-структурною побудовою під конкретні структури управління. Тому, крім створення ефективних складових АСУ ЗСУ необхідно також вирішити проблему їх інтеграції.

Одним з шляхів підвищення ефективності використання ІЗ під час планування оборонних ресурсів є використання в АСУ ЗСУ сучасної сервісно-орієнтованої архітектури програмних систем. Сервіс-орієнтована архітектура (англ. SOA, service-oriented architecture), представляє собою підхід до розробки програмного забезпечення, заснований на використанні сервісів (служб) зі стандартизованими інтерфейсами. Сервіс-орієнтована архітектура також може розглядатися як стиль архітектури інформаційних систем, який дозволяє створювати програмні модулі, побудовані шляхом комбінації слабкозв'язаних і взаємодіючих сервісів. Ці сервіси взаємодіють на основі певного строго платформи-незалежного й мовно-незалежного інтерфейсу. Головне, що відрізняє сервісно-орієнтовану архітектуру — це використання незалежних сервісів із чітко визначеними інтерфейсами, які, для виконання своїх завдань, можуть бути викликані певним стандартним способом. При цьому сервіси заздалегідь нічого не знають про додаток, який їх викличе, а додаток не знає, яким чином сервіси виконують своє завдання.

У роботі [18] викладено інформаційну технологію та архітектуру інструментального середовища підтримки прийняття рішень для вирішення задач планування оборонних ресурсів, що базується на сервісно-орієнтованій архітектурі. Запропонована архітектура включає, зокрема, сервіси процесів та сервіси прикладного моделювання. Сервіси процесів формують інтерфейси, через які викликаються про-

грамними системами. Сервіси процесів також ініціюють синхронні інформаційні потоки або довготривалі транзакції, які викликають сервіси прикладного моделювання. Сервіси прикладного моделювання, в свою чергу, взаємодіють зі сховищами даних і реалізують прикладні задачі. Частина сервісів процесів і сервіси прикладного моделювання, можуть використовувати сучасні високопродуктивні обчислювальні технології, в тому числі grid-інфраструктуру. Зокрема такі технології з розпаралелюванням обчислень можуть бути використані для реалізації сервісу для вирішення задач ОП.

Сервіс для вирішення задач планування оборонних ресурсів, зокрема знаходження найбільш ефективної стратегії управління, з використанням методів чисельної оптимізації дискретних процесів обслуговування, може бути реалізований на основі моделі ДТП. Для цього необхідно реалізувати методи сервісів, що виконують розрахунок параметрів фазових переходів і пошук оптимальної стратегії управління з розпаралелюванням обчислень.

В роботі [16] запропоновано метод розрахунку параметрів фазових переходів ДТП ОП з розпаралелюванням обчислень, що може бути використаний для розроблення методу сервісу розрахунку параметрів фазових переходів.

Як відомо, для стаціонарних марківських та напівмарківських випадкових процесів зі скінченною кількістю фазових станів та управлінь існують добре апробовані ефективні алгоритми (схеми) рекурентної оптимізації [13–15]. Ці схеми базуються на методах динамічного програмування та мають ряд переваг перед алгоритмами, в основу яких покладено інші методи. До переваг алгоритмів рекурентної оптимізації належать: можливість застосування до багатьох дискретних процесів обслуговування, швидка збіжність та майже лінійна залежність тривалості процесу оптимізації від кількості фазових станів.

Базою для основної схеми оптимізації ДТП є алгоритм (схема) Швейцера [18]. Цей алгоритм має складність $O(N)$ від кількості фазових станів, в той час ко-

ли для інших відомих алгоритмів (схем) Ховарда [19], Джевела $O(N^3)$.

Схема Швейцера має вигляд:

$$v_i(n+1) = v_i(n) + \omega[F_i(n+1) - g(n+1)], \quad (1)$$

$$\forall i = \overline{1, N}$$

i

$$F_i(n+1) = \max_{k \in K_i} [q_i^k + \sum_{j=1}^N p_{ij}^k v_j(n) - v_i(n)], \quad (2)$$

$$q_i^k = \sum_{j=1}^N p_{ij}^k r_{ij}^k, \quad (3)$$

$$g(n+1) = F_B(n+1), \quad v_B(n) = 0, \quad \forall n, \quad (4)$$

де $g(n+1)$ – середній дохід за одиницю часу, розрахований на $n+1$ -му ітераційному циклі;

$\omega > 0$ – релаксаційний множник (коефіцієнт релаксації);

$i = B$ – базовий стан;

q_i^k – безпосередньо очікуваний дохід

для стану i при k -му управлінні,

p_{ij}^k – ймовірність крокового переходу

зі стану i в стан j при k -му управлінні;

r_{ij}^k – дохід крокового переходу зі стану

i в стан j при k -му управлінні;

N – кількість фазових станів;

K_i – множина можливих управлінь в i -му стані;

$v_i(n)$ – відносна вага для i -го стану на n -му кроці.

Зупинка синтезу оптимальної стратегії управління відбувається, якщо відносна похибка обчислення ваг $v()$ та доходу $g()$ на двох сусідніх циклах не перевищить задану.

Основною перевагою цієї схеми рекурентної оптимізації є швидка збіжність та майже лінійна залежність тривалості процесу оптимізації від кількості фазових станів. Крім того, ця схема оптимізації може бути застосована для широкого класу процесів та суміщає процедури

знаходження ваг і покращення стратегії.

Рис. 1. містить схему алгоритму методу Швейцера без розпаралелювання (далі однопроцесний алгоритм).

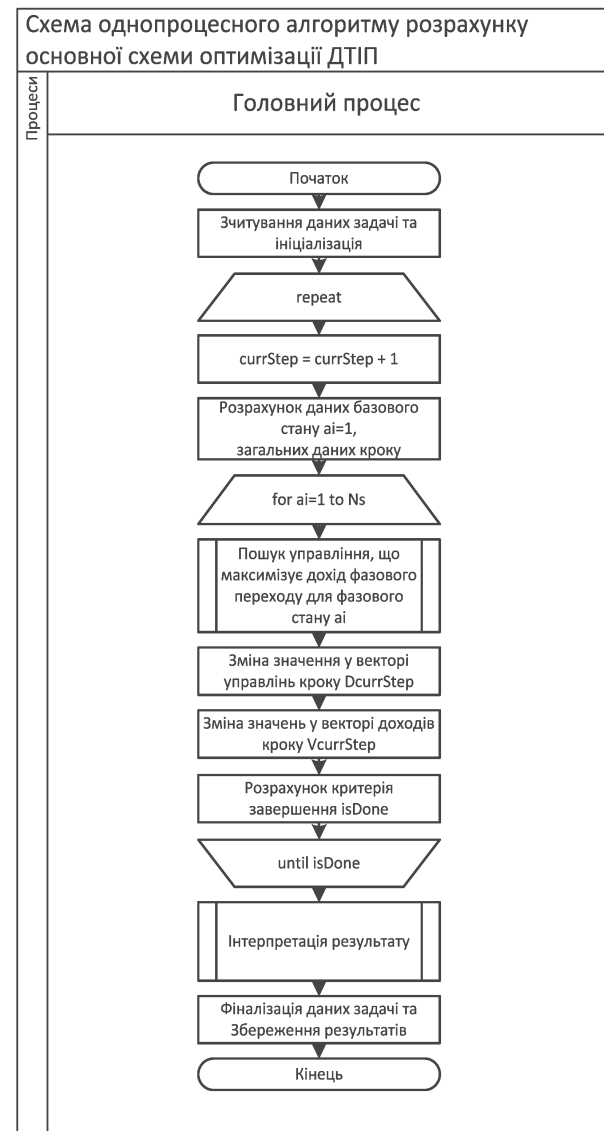


Рис. 1. Однопроцесний алгоритм схеми Швейцера

Як відомо, на практиці найбільший ресурс паралелізму в програмах зосереджено в циклах. Тому найбільш розповсюдженим є розпаралелювання різними способами ітерацій в циклах. Необхідною умовою для цього є відсутність інформаційних залежностей між ітераціями в циклі. Однак, в загальному випадку, умова незалежності ітерацій циклів для схеми Швейцера не виконується.

Однопроцесний алгоритм (рис. 1.) методу Швейцера без розпаралелювання

передбачає виконання розрахунків для базового стану та загальних даних на кожному ітераційному кроці. В подальшому в циклі кожного фазового стану необхідно знайти управління, яке максимізує дохід від фазового переходу для фазового стану ai . Змінити вектор управління кроку $DcurrStep$. Змінити вектор доходів кроку $VcurrStep$. Виконати розрахунок критерію завершення $isDone$. Якщо досягнуто критерій завершення $isDone$, то закінчити ітерації.

В загальному випадку основна схема оптимізації ДТПІ на основі схеми Швейцера передбачає, що може бути виконаний перехід з будь-якого стану з меншим номером в будь-який стан з більшим номером (рис. 2, а).

Однак логіка моделі розрахунку параметрів фазових переходів ряду ДТПІ, зокрема ДТПІ ОП [16], може бути представлена у вигляді графа виду рис. 2, б. Вершиною графу є базовий стан. З базового стану може бути виконано перехід тільки в один з фазових станів (що відповідає одному зі значень ресурсів від Nc до 0) для фіксованої заявки от 1 до M . Підмножину станів для однієї фіксованої заявки от 1 до M назовемо ярусом. Потім, згідно з математичною моделлю чисельної оптимізації ДТПІ ОП, з фазових станів ярусу 1, може бути виконано перехід тільки в фазовий стан, який знаходиться на ярусі 2 і так далі до ярусу M . З останнього ярусу перехід може бути виконано тільки в базовий стан.

Таким чином, з точки зору розрахунку за алгоритмом методу Швейцера, підмножини фазових станів, що відповідають одному ярусу, можна вважати незалежними. Оскільки переходи всередині цих підмножин неможливі (рис. 3, с). Таким чином, алгоритм розрахунку може бути розпаралелений в межах підмножини фазових станів одного ярусу. В кожній такій підмножині буде $Nc+1$ стан за кількістю ресурсів.

Запропонований алгоритм схеми Швейцера для ДТПІ ОП з розпаралелюванням обчислень показано на рис. 3. Відмінність багатопроцесного алгоритму

від однопроцесного алгоритму полягає у необхідності розрахунків діапазонів номерів ресурсів $procUpNc$, $procDownNc$ для обробки кожним із процесорів після зчитування даних задачі та ініціалізації.

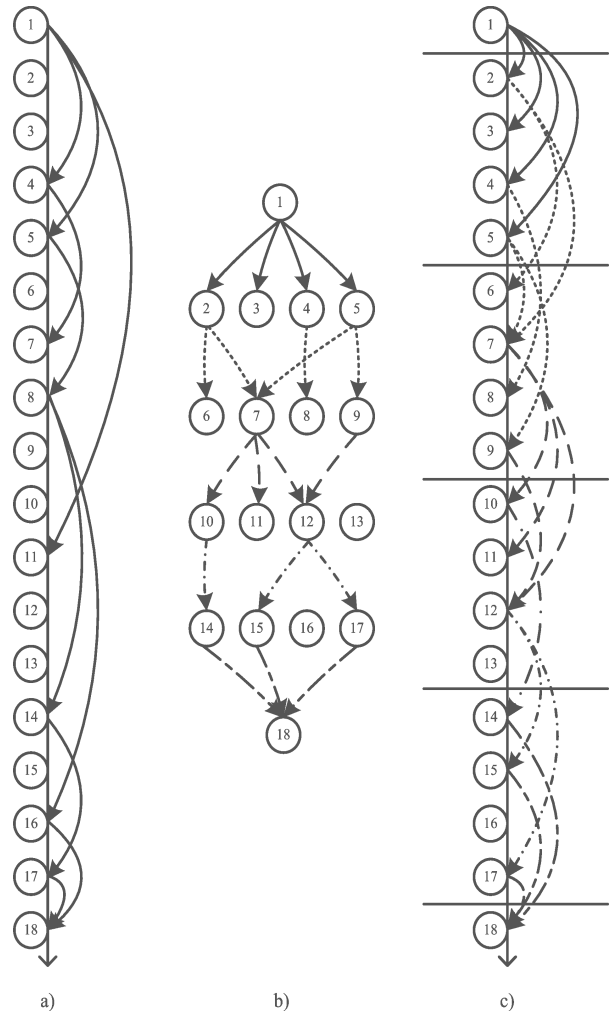


Рис. 2. Переходи між фазовими станами

На кожному ітераційному кроці, після розрахунку даних для базового стану та загальних даних кроку, необхідно виконати розсилку процесорам початкових значень для вектору управлінь $DcurrStep$ та вектору доходів $VcurrStep$. Потім кожен процес для кожної заявки від 1 до M виконує пошук управління, що максимізує дохід в діапазоні ресурсів процесора від $procUpNc$ до $procDownNc$. Таким чином визначається локальний максимум доходу для процесу та управління, що йому відповідають.

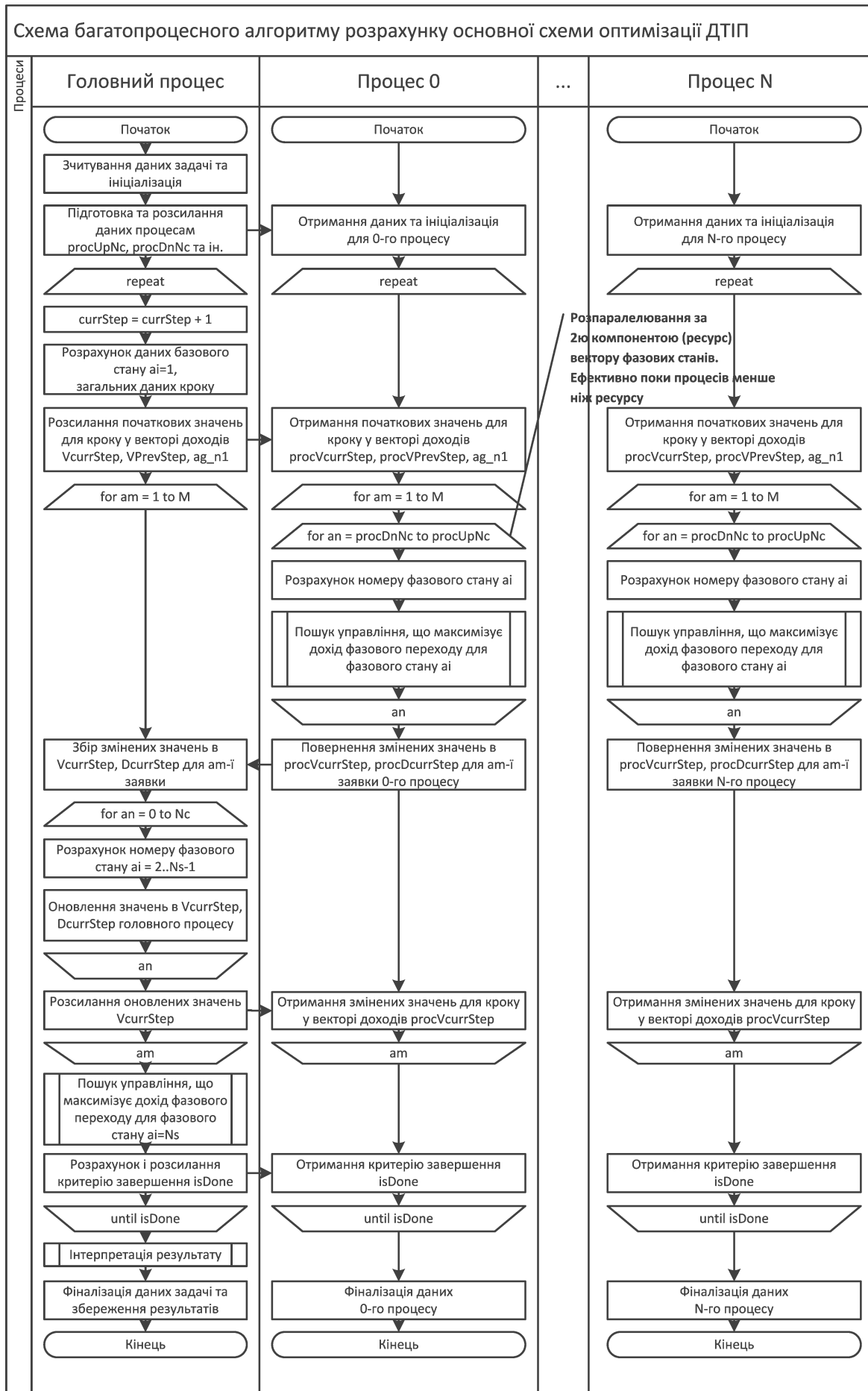


Рис. 3. Багатопроцесний алгоритм схеми Швейцера

Після цього кожен процес виконує повернення локального максимуму доходу для процесу та управлінь, що йому відповідають, в головний процес. Головний процес виконує пошук найкращого управління, що максимізує дохід для всіх процесів. Потім головний процес виконує розсилку найкращого управління та значень векторів $DcurrStep$ и $VcurrStep$, що йому відповідають всім процесам.

Запропонований алгоритм буде ефективним тільки при великій кількості фазових переходів. Авторами проводяться роботи для перевірки на практиці ефективності розробленого алгоритму. Найближчим часом планується завершити розробку прототипу програмних засобів та провести серію експериментів.

Висновки

Інформаційне забезпечення діяльності органів військового управління ЗСУ являє собою важливий напрямок сучасних перетворень військової організації в рамках реалізації Програми реформування та розвитку Збройних Сил України і Військової доктрини України. При цьому інформація, відіграючи роль найбільш значимого ресурсу та джерела впливу на багаторівневі процеси прийняття рішень в органах військового управління, забезпечує їх оптимальне і ефективне управління на різних рівнях функціонування, особливо при вирішенні задач стратегічного планування.

Розглянуто актуальні проблеми ІЗ діяльності ОВУ ЗСУ, зокрема проблему підвищення ефективності інформаційного забезпечення оборонного планування. Визначено підходи для підвищення ефективності інформаційного забезпечення оборонного планування.

Розвинено підхід, який базується на використанні системи збалансованих показників та методології чисельної оптимізації дискретних технологічних та інформаційних процесів.

Запропоновано алгоритм з розпаралелюванням обчислень методу Швейцера для основної схеми оптимізації ДТП оборонного планування. Модифікований алгоритм дозволяє підвищити ефективність

обчислень, і, як наслідок, використовувати моделі реальної розмірності для вирішення задач оборонного планування. Це, в свою чергу, дозволяє підвищити ефективність оборонного планування, оскільки дає змогу посадовим особам ЗСУ при прийнятті рішень оперативно використовувати інформаційні масиви великих обсягів.

1. *Посилання ДСК.*
2. *Лоза І.В.* Удосконалення методичного апарату коригування державних програм розвитку Збройних Сил України // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2014. – Вип. 3. – С. 35–39.
3. *Габор Д.* Перспективы планирования // Автоматика. – 1972. – № 2. – С. 16 – 22.
4. *Герасимов Б.М., Азаренко Е.В., Шохин Б.П.* Проектирование автоматизированных систем управления на компьютерных сетях: монографія. Севастополь: Гос. Океанариум, 2007. – 272 с.
5. Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія / В.І. Ткаченко, Г.А. Дробаха, Є.Б. Смірнов, А.В.Тристан та ін.; за ред. В.І. Ткаченка, Є.Б. Смірнова. – К.: МОУ, Х.: ХУ ПС, 2008. – 545 с.
6. *Копитко В.К., Шентура В.Н.* Проблеми будівництва єдиного інформаційного простору збройних сил ЗС РФ і можливі шляхи їх вирішення // АВН РФ – К.: 2012.– 37 с.
7. *Фролов В.С.* Структурно-логічна схема Єдиної автоматизованої системи управління ЗСУ // Наука і оборона. – 2012. – № 1. – С. 15 – 23.
8. *Кудрицький В.Д.* Основи організації систем автоматизації управління військами: Частина І, Навч. посіб. / Ю. І. Катков. – К.: НАОУ, 2003.– 174 с.
9. *Сініцин І.П.* Актуальність використання прогресивних інформаційних технологій в розбудові Збройних Сил України // Актуальні проблеми будівництва Збройних Сил України та всебічного забезпечення: зб. Мат. Наук.-практ. семінару ЦНДІ ЗС України. – К.; – 17.10.2006. – Вип. 1 (1). – С. 36–41.
10. *Ильина Е.П., Сеницын И.П., Слабостицкая О.А. и др.* Программно-целевое управление оборонным планированием при реформировании вооруженных сил. Методологические основы и перспективы автоматизи-

- роvanной поддержки. – Киев: Наукова думка, 2004. – 171 с.
11. *Боровська Є.О.* Модель оптимального розподілу обмежених ресурсів в умовах програмно-цільового методу планування. Збірник ЦВСД. – 2011. – № 2 (47).
 12. *Степанюк М.Ю.* Математична модель чисельної оптимізації ДТІП стратегічного планування на основі збалансованої системи показників // Математичні машини і системи. – 2013. – № 2. – С. 166–175.
 13. *Бурлаков М.В.* Основы технологии автоматизации управления дискретными технологическими и информационными процессами. – К.: Университет "Україна", 2010. – 561 с.
 14. *Синицын И.П.* Основы автоматизации управления дискретными технологическими и информационными процессами. – Киев: Наукова думка, 2005. – 164 с.
 15. *Синицын И.П.* Теоретические основы управления дискретными процессами и их применение в оборонном планировании. – Киев, 2007. – 508 с.
 16. *Степанюк М.Ю., Синицын И.П.* Метод расчета параметров фазовых переходов ДТІП стратегического планирования с распараллеливанием вычислений // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2013: Восьма міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей (Чернігів-Жукин, 24-28 червня 2013р.). – Чернігів, Черніг. держ. технол. Ун-т, 2013. – С. 394–398.
 17. *Степанюк М.Ю., Синицын И.П.* Поход к стратегическому планированию на основе системы сбалансированных показателей с

использованием многоуровневой модели оценки // Матеріали міжнародної наукової конференції "Моделювання 2010": Зб. наук. праць. Т. 3. – К., 2010. – С.166–171.

18. *Schweitzer P.J.* Iterative solution of the functional equations of undiscounted Markov renewal programming / P.J. Schweitzer // Journal of Mathematical Analysis and Applications. – 1971. – Т. 34, N 3. – P. 495–501.
19. *Ховард Р.А.* Динамическое программирование и марковские процессы. – М.: Советское радио, 1964. – 189 с.

Одержано 26.05.2015

Про авторів:

Степанюк Михайло Юрійович,
молодший науковий співробітник,

Дорощенко Олександр Володимирович,
здобувач.

Місце роботи авторів:

Інститут програмних систем
НАН України,
03187, Київ-187,
Проспект Академіка Глушкова, 40.
Тел. +38 050 441 8510.
E-mail: realmstep@gmail.com