

УДК 681.51:623.592

А.С. Могілатенко<sup>1</sup>, Д.М. Обідін<sup>2</sup>, О.П. Кондратенко<sup>3</sup>, П.Г. Берднік<sup>4</sup><sup>1</sup> Військова частина А0593<sup>2</sup> Кіровоградська льотна академія НАУ, Кропивницький<sup>3</sup> Національна академія Національної гвардії України, Харків<sup>4</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМ ПОТОКОМ ПОВІДОМЛЕНЬ ПРО ПОВІТРЯНІ ОБ'ЄКТИ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Необхідною умовою рішення задач управління в регіональному центрі управління повітряним рухом являється наявність радіолокаційної інформації про повітряні об'єкти. Забезпечення радіолокаційною інформацією регіонального центру управління повітряним рухом являється однією з функцій автоматизованої системи управління регіонального центру управління повітряним рухом і являє собою сукупність взаємопов'язаних заходів по виявленню, збору, обробці, аналізу і видачі даних про повітряні об'єкти від джерел радіолокаційної інформації на регіональному центрі управління повітряним рухом.

**Ключові слова:** аналіз, метод, управління повітряним рухом.

### Вступ

Адаптивний підхід передбачає функціонування системи в умовах апріорної невизначеності і забезпечує пристосування до непередбачених змін властивостей об'єкта управління та зовнішнього середовища [1]. Під адаптацією розуміють процес цілеспрямованої зміни параметрів, структури або

властивостей системи на підставі інформації, отриманої в процесі виконання основних функцій з метою необхідного функціонування системи при умовах, що змінюються [2].

Структурна схема адаптивної системи [2] зображена на рис. 1 і є замкнутим контуром, що включає в себе: об'єкт управління, пристрій ідентифікації, пристрій, що вирішує і пристрій управління.

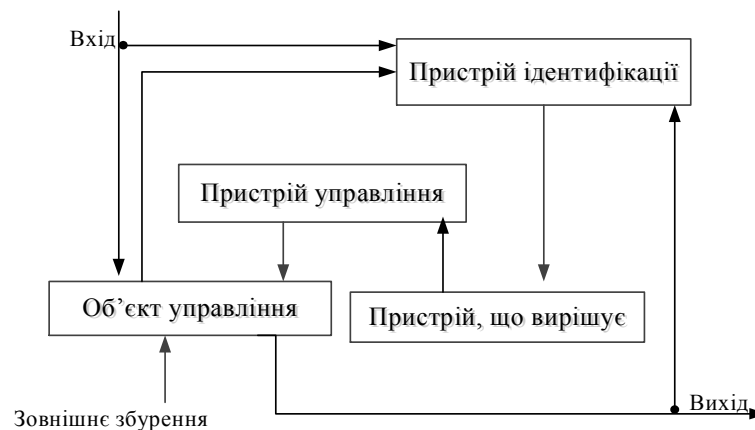


Рис. 1. Структурна схема адаптивної системи

### Аналіз існуючих методів

У відповідності зі схемою на рис. 1 адаптивні системи управління передбачають виконання трьох процедур [1 - 4]:

- 1) визначення динамічних характеристик середовища та об'єкта управління в процесі функціонування (пристрій ідентифікації);
- 2) оцінювання стану об'єкта управління (пристрій, що вирішує);

3) формування керуючих сигналів на основі інформації, отриманої за допомогою перших двох процедур (пристрій управління).

Визначимо аналогічні структурні елементи для адаптивної підсистеми забезпечення радіолокаційної інформацією (РЛІ) регіонального центру управління повітряним рухом.

Об'єктом управління в цьому випадку є потік повідомлень про повітряні об'єкти (ПО) від джерела радіолокаційної інформації, а зовнішнім збуренням

відповідає придушення елементів автоматизованої системи управління (АСУ) регіонального центру управління повітряним рухом (ЦУПР). При цьому можна виділити основні задачі адаптивного управління, що відповідають вищевказаним процедурам:

1) задача розпізнавання ситуацій застосування методів стиснення і видачі повідомлень про ПО для інформаційного потоку РЛІ;

2) задача розподілу методів стиснення і видачі РЛІ за повідомленнями про ПО;

3) завдання безпосередньої зміни структури повідомлень про ПО.

Для вирішення першої і другої задачі необхідно розробити вирішальні правила, а для вирішення третьої задачі – протокол формування та обробки повідомлень про ПО зі змінною структурою. При цьому вирішальні правила, згідно з певними принципами, повинні розроблятися з використанням інтелектуальних інформаційних технологій. Однією з основних задач застосування інтелектуальних інформаційних технологій є уявлення знань про досліджувану предметну область. Під поданням знань розуміється сукупність методів, способів форм і моделей структурування відображення і формалізації знань [5]. Проведемо аналіз відомих методів представлення знань про задачі управління

*Логічні методи представлення знань* [6-8]. Ці методи, дозволяють уявити знання у вигляді теорем, що передбачає визначення посилок (безліч відомих істинних тверджень), що дозволяють сформулювати теорему. Доказ теореми дозволяє отримати рішення вихідної задачі. Відсутність суворої процедури підбору аксіом для логічного висновку; і можливість не отримати результату рішення за обмежений час обмежують застосування логічних методів для подання знань про завдання формування і видачі повідомлень про ПО.

*Методи представлення знань, засновані на мережах Петрі* [9, 10]. Дані методи дозволяють детально і наочно описувати паралельні обчислювальні процеси, тому їх застосування доцільно при розробці обчислювальних систем і моделей для тестування інтелектуальних систем. Однак вони не придатні для представлення знань про задачі формування і видачі повідомлень про ПО.

*Нейромережеві методи представлення знань* [11, 12]. Дані методи є універсальними, тому можуть застосовуватися для подання знань про задачі будь-якої предметної області. Однак це вимагає значних часових і обчислювальних витрат, що не дозволить організувати видачу повідомлень про ПО без затримок. Крім того, нейромережеве уявлення є громіздким і важко модифікується.

*Методи представлення знань, на основі логіки категорій* [13]. Згідно з положеннями теорії категорій, для розв'язання методу необхідно встановити

всі можливі відносини (морфізми) між об'єктами, що в умовах жорстких часових рамок ухвалення рішення і невизначеності вихідної інформації є неможливим. Тому використання логіки категорій не припустимо для представлення знань про задачі формування і видачі повідомлень про ПО.

*Методи представлення знань на основі фреймів* [8, 13, 14]. Перевагою даних методів являється наочність і природність опису різноманітних ситуацій. Разом з тим, фрейм являється множиною описів (слотів), які знаходяться в певних взаємних відношеннях, а слоти зв'язані з процедурами, які передають управління один одному за допомогою обміну повідомленнями, що знижує можливості адаптації при управлінні інформаційним потоком повідомлень про ПО.

*Методи представлення знань у вигляді продукцій* [8, 13, 14]. Продукції являють собою правила виду «Якщо А то В», що обумовлює їх універсальність, застосовність до широкого кола задач; модульності організації знань і декларативність їх подання.

За допомогою продукцій зручно описувати умови застосування керуючих впливів, що дозволяє використовувати продукції для представлення вирішальних правил застосування окремих методів стиснення повідомлень і управління дискретністю їх видачі. Однак оперативність виведення рішення в системі продукцій різко знижується зі збільшенням правил, що може призвести до затримки повідомлень про ПО при їх видачі.

*Мережеві методи представлення знань* [15]. Мережеве подання знань просте і зрозуміле для сприйняття через опис та обробку знань в термінах предметної області, звичних для людини. При цьому є можливість контролю коректності знань і забезпечується кінцевість процедури логічного висновку. Однак представлення окремих задач адаптивного управління за допомогою мережі буде громіздким через численні умови застосування методів стиснення і видачі повідомлень про ПО, що знижує оперативність виведення рішення.

Таким чином, аналіз існуючих методів представлення знань показав, що жоден з них не відповідає вимогам щодо забезпечення подання знань про процес формування та видачі повідомлень про ПО в АСУ регіонального ЦУПР. Тому виникає необхідність додаткових досліджень, причому мережеві та продукційні методи представлення знань можуть бути взяті за основу при розробці методу формалізації задач формування і видачі повідомлень про ПО в АСУ регіонального ЦУПР.

## Постановка задачі досліджень

Аналіз змісту і особливостей забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР в сучасних умовах показав, що використання існуючих методів узгодження продук-

тивності джерел РЛІ з пропускною спроможністю каналів передачі даних (ПД) у випадках їх перевантажень може привести до протиріччя між необхідною і реалізованою точністю і повнотою забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР. Вирішення даного протиріччя направлене на забезпечення регіонального ЦУПР необхідною РЛІ для оцінки повітряної обстановки. Організація такого забезпечення є важливим практичним завданням підсистеми інформаційного забезпечення АСУ [16].

Рішення даної задачі можливе за допомогою спеціального методу формування та видачі повідомлень про ПО, що дозволяє адаптувати розмір і дискретність видачі повідомлень про ПО до змін продуктивності джерел РЛІ і пропускної здатності каналів ПД. Розробка такого методу є важливим науковим завданням при розробці математичного та програмного забезпечення перспективних АСУ регіонального ЦУПР.

У ряді робіт викладені сучасні підходи до вирішення окремих задач інформаційного забезпечення в АСУ регіонального ЦУПР:

використання змінної структури повідомлень про ПО [17, 18];

стиснення телеметричної інформації [19-21];

визначення важливості (ступеня небезпеки) ПО;

принципи управління інформаційним потоком в системі ПД [1-4];

використання інтелектуальних інформаційних технологій для формалізації задач управління динамічними системами.

Разом з тим, запропоновані в даних роботах рішення не враховують особливості забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР, пов'язані з різною змістовою інтерпретацією інформаційних елементів в повідомленнях про ПО, помилками оцінювання координатної інформації та різними вимогами до якості РЛІ про ПО залежно від етапу дій за ними. Тому питання формування і видачі повідомлень про ПО від джерел РЛІ на АСУ регіонального ЦУПР вимагають подальших досліджень, чому і присвячена дана робота.

Завдання досліджень обмежимо вирішенням наступних окремих задач:

1) розробка методів стиснення повідомлень ПО і управління дискретністю їх видачі від джерел РЛІ на АСУ регіонального ЦУПР;

2) розробка методу управління інформаційним потоком повідомлень про ПО від джерел РЛІ в АСУ регіонального ЦУПР з використанням інтелектуальних інформаційних технологій;

3) оцінка ефективності використання розробленого методу формування та видачі повідомлень про ПО і пропозиції по його застосуванню в АСУ регіонального ЦУПР. Розроблена група методів повинна

забезпечити необхідні значення показників повноти і точності забезпечення РЛІ АСУ регіонального ЦУПР.

## Висновки

1. Аналіз змісту процесу забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР показав, що в умовах інтенсивного придушення елементів АСУ регіонального ЦУПР може привести до перевищення необхідної продуктивності джерел РЛІ на 50% над пропускною спроможністю каналів ПД.

2. Застосування існуючих методів збільшення або відновлення пропускної здатності каналів ПД (виділення додаткових і використання запасних каналів ПД, а також маршрутизація повідомлень) може виявитися практично неможливим, зважаючи на інтенсивне придушення системи ПД. Застосування існуючих методів зменшення продуктивності джерел РЛІ (групування (укрупнення) ПО; селекція (відбір) ПО для їх видачі; збільшення дискретності видачі РЛІ для всіх ПО; стиснення даних) знижують повноту і точність забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР.

3. Оцінка повноти і точності забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР показала, що при використанні існуючих методів зменшення продуктивності джерел РЛІ не забезпечуються необхідні значення показника повноти (коефіцієнта провідки трас  $K_{пр} \geq 0,88$ ) і точності (с.к.п. координатної РЛІ  $\sigma \leq 1000$  м.) з причин фіксованої структури повідомлень про ПО і дискретності їх видачі в АСУ регіонального ЦУПР.

4. Використання міжнародного протоколу обміну РЛІ ASTERIX зі змінною структурою повідомлень про ПО дозволяє зменшити продуктивність джерела РЛІ за рахунок стиснення інформаційних елементів. Однак існуючі методи стиснення не враховують неоднорідність семантичної інтерпретації інформаційних елементів в повідомленнях і помилки координат ПО, що не забезпечує потрібного стиснення повідомлень про ПО. Це обумовлює необхідність додаткових досліджень в області стиснення даних.

Аналіз вимог до якості РЛІ про ПО показав, що забезпечити обґрунтоване управління дискретністю видачі повідомлень про ПО можна на основі спільної оцінки важливості РЛІ для споживача, підльотного часу ПО до встановлених рубежів і необхідної точності РЛІ. Це обумовлює необхідність додаткових досліджень по оцінці важливості РЛІ для споживача і її спільного обліку з зазначеними факторами.

5. Для обґрунтованої оцінки параметрів повітряної обстановки і вибору відповідних методів стиснення і видачі повідомлень з використанням знань про досліджувану предметну область, що враховують досвід фахівців, доцільно використовувати

адаптивний підхід до управління інформаційним потоком РЛІ на основі інтелектуальних інформаційних технологій. Аналіз існуючих методів представлення знань показав, що жоден з них не відповідає вимогам щодо забезпечення подання знань про задачі формування і видачі повідомлень про ПО в АСУ регіонального ЦУПР, що обумовлює необхідність додаткових досліджень.

6. Протиріччя між необхідною і повнотою, що реалізується, і точністю забезпечення РЛІ регіонального ЦУПР і недостатня розвиненість теоретичної бази для його вирішення обумовлюють необхідність проведення подальших досліджень відповідно до напрямків, викладених в постановці задачі.

### Список літератури

1. Буков В.М. Адаптивні прогнозуючі системи управління польотом / В.М. Буков. – М.: Наука, 1987. – 232 с.
2. Советов Б.Я., Стах В.М. Побудова адаптивних систем передачі інформації для автоматизованого управління. - Л.: Энергоіздат., 1982. - 120 с.
3. Кунцевич В.М. Адаптивне управління: алгоритми, системи, використання. - К.: Вища школа, 1988. - 64 с.
4. Куропаткін П.В. Оптимальні і адаптивні системи: Навчальний посібник для вузів. - М.: Вища школа, 1980. – 287 с.
5. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. - ІС: Держстандарт України, 1994. - 15 с
6. Вагін В.М. Дедукція і узагальнення в системах прийняття рішень. - М.: Наука. 1988. - 384 с.
7. Чень Ч., Лі Р. Математична логіка і автоматичний доказ теорем: Пер. з англ.- М.: Наука, 1983. - 360 с.
8. Поспелов Д.А. Ситуаційне управління. Теорія і практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
9. Васильєв В.В., Кузьмук В.В. Мережі Петрі, паралельні моделі і алгоритми мультипроцесорних систем. – К.: Наукова думка. 1990. – 216 с
10. Пітерсон Д. Теорія мережей Петрі і моделювання систем / Д. Пітерсон. – М.: Наука. 1988. – 263 с.
11. Круглов В.В., Борисов В.В. Штучні нейронні мережі Теорія і практика. – М.: Гаряча лінія - Телеком. 2001. – 381 с.
12. Борисов В.В. Основи побудови нейронних мереж / В.В. Борисов, В.В. Круглов, Є.В. Харитонов. – Смоленськ: ВУ ППО ВС РФ. 1999. – 297 с.
13. Теоретичні основи автоматизації процесів вироблення рішень в системах управління / В.Е. Ярушек та ін. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.
14. Нільсон Н. Принципи штучного інтелекту. – М.: Радіо і зв'язок. 1985. – 373 с.
15. Ярушек В.Є. Про формалізовану модель для планування дій керованих об'єктів в динамічному середовищі // Проблеми біоніки. Вип. 29. – Х.: Вища школа, 1982. - С. 88-95.
16. Глебов Ю.В., Абрамов В.А. Автоматизація бойового управління у військах ППО. - Х.: ВІРТА ППО, 1988. - 230 с.
17. Eurocontrol standard document for radar dataexchange, Part 1 - All Purpose Structure- Eurocontrol Radar Information Exchange (ASTERIX), (Ref: SUR.ETI .STD05.2000 - STD-01-01), November 1997, 59 p.
18. Дж. Ірвін, Д. Харль. Передача даних в мережах: інженерний підхід: переклад з англ. - СПб.: БХВ - Петербург, 2003. - 448 с.
19. Амел'кін В.А. Методи нумераційного кодування. - Новосибірськ: Наука, 1986. - 158 с.
20. Колесник Ю.В., Литвин А.І., Підгорний О.В. Стиснення повідомлень за допомогою методу кодування довжин серій // Електронне моделювання. – 1995. – Т. 17, № 2. – С. 90-92.
21. Ольховський Ю.Б. Стиснення даних при телевимірах / Ю.Б. Ольховський, О.М. Новосьолов, А.П. Мановцев. Под ред. В.В. Чернова. – М.: Рад. радіо, 1971. – 304 с.

Надійшла до редколегії 31.10.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ СООБЩЕНИЙ О ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТАХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

А.С. Могилатенко, Д.Н. Обидин, О.П. Кондратенко, П.Г. Бердник

Необходимым условием решения задач управления в региональном центре управления воздушным движением является наличие радиолокационной информации о воздушных объектах. Обеспечение радиолокационной информацией регионального центра управления воздушным движением является одной из функций автоматизированной системы управления регионального центра управления воздушным движением и представляет собой совокупность взаимосвязанных мероприятий по выявлению, сбору, обработке, анализу и выдаче данных о воздушных объектах от источников радиолокационной информации на региональном центре управления воздушным движением.

**Ключевые слова:** анализ, метод, управление, управление воздушным движением.

### ANALYSIS METHODS FORMALIZATION OF THE PROCESS INFORMATION MANAGEMENT REPORTING OF AIR OBJECTS IN THE AUTOMATED SYSTEM OF REGIONAL AIR TRAFFIC CONTROL CENTER. PROBLEM RESEARCH

A.S. Mohilatenko, D.N. Obidin, O.P. Kondratenko, P.G. Berdник

A necessary condition for control tasks in the regional air traffic control center is the availability of radar information on air facilities. Providing radar information of the regional air traffic control center is one of the functions of the automated control system of regional air traffic control center and is a set of interrelated measures for the identification, collection, processing, analysis and delivery of data on air targets from radar data sources at the regional air traffic control center.

**Keywords:** analysis, method, management, air traffic control.