

УДК 355.40

О.В. Заліван, І.А. Таран, І.М. Тіхонов

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗВІДКОЮ МЕХАНІЗОВАНОЇ БРИГАДИ ПРИ ДОВЕДЕННІ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ДАНИХ ВІД ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ ДО ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

У статті запропонована математична модель структури системи управління розвідкою (СУР) механізованої бригади. Використовується формалізований опис структури СУР у вигляді матриці інцидентності. Запропонована модель дозволяє представити структуру СУР у вигляді, зручному для проведення розрахунків та реалізації на ЕОМ.

математична модель, система управління розвідкою, засоби ураження

Актуальність, якість дослідження, аналіз літератури, мета статті

Система управління розвідкою (СУР) механізованої бригади (мбр) при доведенні розвідувальних даних від засобів розвідки до засобів ураження повинна забезпечити виконання вимог щодо оперативності, безперервності, прихованості та стійкості для досягнення потрібного ступеня зниження бойового потенціалу угруповання противника в оборонному та наступальному бою мбр. Реалізація можливостей СУР значною мірою залежить від її структури. Під структурою складної системи у загальному випадку розуміють сукупність ієрархічних і функціональних зв'язків між її елементами й підсистемами, які утворюють визначене угруповання, що забезпечує самоорганізацію системи, взаємодію елементів і підсистем між собою, їх зв'язки з зовнішнім середовищем, а також здійснює постійне управління їх режимами функціонування та потоками інформації усередині системи, з метою виконання поставлених задач за умов збереження основних властивостей системи. Структура СУР при доведенні розвідувальних даних буде являти собою ієрархічну сукупність пунктів управління розвідкою (ПУР), які займаються обробкою розвідувальних даних, засобів розвідки (ЗР), які безпосередньо викривають цілі, та засобів ураження (ЗУ), призначених для вогневого ураження цілей, що пов'язані між собою каналами зв'язку, знаходяться під єдиним керівництвом та діють за єдиним задумом для вирішення вогневих завдань, а також взаємозв'язків між ЗР та навколишнім середовищем, що полягають у визначеному розподілі цілей або зон розвідки за певними ЗР.

Таке визначення структури СУР дозволяє для варіанта структури СУР встановити зв'язки від цілі до ЗУ, враховуючи проміжні елементи і зв'язки (за допомогою яких ЗР ціль буде викриватись, які ПУР будуть обробляти розвідувальні дані та по яких каналах зв'язку розвідувальні дані будуть передаватись до ЗУ).

Подальші дослідження процесу функціонування СУР мбр при доведенні розвідувальних даних від

засобів розвідки до засобів ураження вимагають застосовувати опис структури СУР, зручний для проведення розрахунків та для реалізації у вигляді програми для ЕОМ. Аналіз літератури показав, що вченими Харківського військового університету та Харківського університету Повітряних Сил проводились подібні дослідження [1, 2] стосовно структури системи протиповітряної оборони. Ці роботи покладені в основу досліджень, наведених у статті. Проведення аналогічних досліджень для формалізованого опису структури СУР мбр необхідне для вирішення широкого кола завдань, наприклад: оптимізації розподілу засобів розвідки за цілями або зонами розвідки для досягнення максимального ступеня зниження бойового потенціалу ураженого угруповання противника [3], для оптимізації структури СУР [4] тощо. Тому метою статті є формальний опис структури СУР — розробка математичної моделі структури СУР.

Оп, структура, яСУРяв, глядія орієнтованого графа

Як показано в [1, 2], під моделлю системи управління розуміється формальний (символічний) опис елементів цієї системи та інформаційних зв'язків між ними. Якщо у моделі обмежитись розглядом тільки суттєвих властивостей структури інформаційної системи, як перелік та стан джерел і споживачів інформації, наявність та характеристика інформаційних зв'язків між ними, тоді таку модель можна представити у вигляді кінцевого орієнтованого графа, у якому перелічені вершини відповідають переліченим джерелам та споживачам інформації, а ребра графа відповідають існуючим зв'язкам між цими вершинами. Приклад орієнтованого графа для варіанта структури СУР наведений на рис. 1. Кожний елемент графа одночасно може розглядатись і як джерело інформації (розвідувальних даних), і як споживач інформації. Для відображення властивостей потоків інформації, що передається від джерел до споживачів, кожне ребро графа є орієнтованим від джерела до споживача інформації та має довжину, що відповідає певній кількісній характеристиці інформації, що передається.

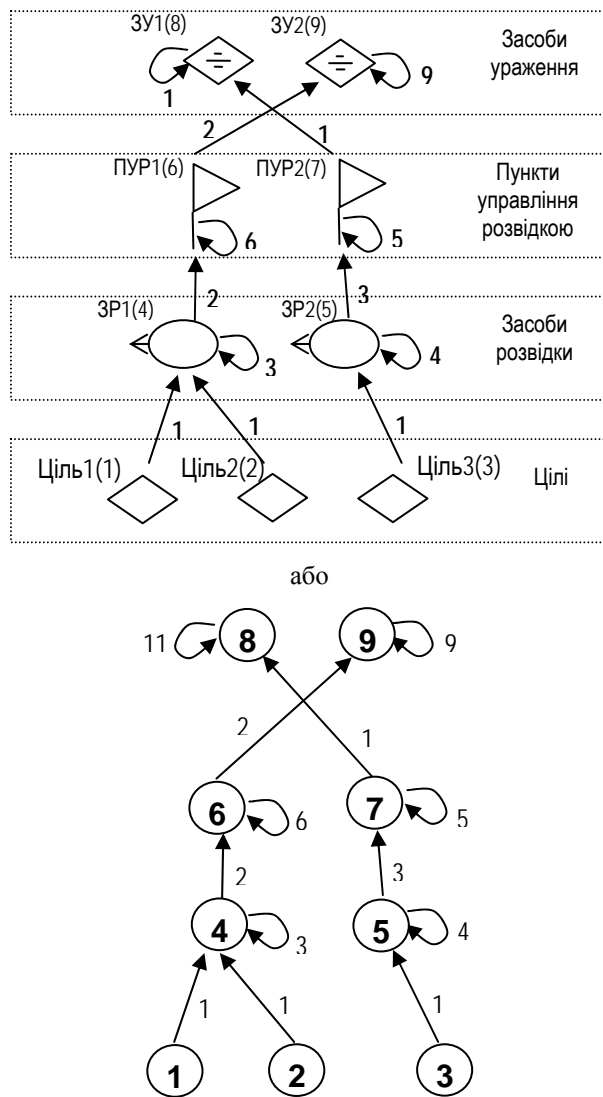


Рис. 1. Приклад орієнтованого графа для варіанта структури СУР

- ⑤ – вузол з вказівкою порядкового номера;
- 2 → – зв'язки між елементами СУР з вказівкою числової характеристики зв'язку;
- ↻⁵ – петля у вузлі з відповідною характеристикою вузла.

У подальшому, за винятком оговорених випадків, як така кількісна характеристика обрана затримка у часі передачі розвідувальних даних у певному вузлі графа (ПУР, ЗУ чи ЗР). Для визначення відповідної характеристики стосовно вузлів графа передбачаємо у відповідних вузлах петлі, довжина яких складає час, необхідний для обробки інформації (чи виконання інших завдань) у самому вузлі. Так, для ПУР цей час складає час на обробку розвідувального донесення. Для ЗУ ця характеристика складає час, необхідний для виконання вогневого завдання з ураження призначеної цілі. Для ЗР ця характеристика складає час, необхідний для визначення координат та інших необхідних характеристик цілі та скла-

дання розвідувального донесення. Як приклад, для графа, наведеного на рис. 1, час обробки інформації у вузлі 4 (1-й засіб розвідки) складає 3 хв, час передачі розвідувальних даних від 5-го до 7-го вузла (від 2-го ЗР до 2-го ПУР) складає 3 хв тощо.

Представлення моделі структури СУР у вигляді графа є досить наочним і дозволяє чітко побачити фізичний зміст процесу функціонування підсистеми при доведенні розвідувальних даних від засобів розвідки до засобів ураження. Але, оскільки кількість цілей у реальному бою може виявитись великою, а також коли виникає потреба у реалізації моделі структури у вигляді програми для ЕОМ, безпосередня робота з графом є досить складною, що викликає необхідність створення адекватної графу математичної моделі структури СУР.

Математична модель структур, яСУРя

Відомо [1, 2, 5], що достатньо адекватною для вирішення задачі дослідження інформаційної структури, яка відображається у вигляді орієнтованого графа, є математична модель, зображувана у вигляді матриці, що задає взаємно однозначну відповідність між пронумерованими вершинами графа (вузлами) та ребрами (зв'язками між вузлами) — матриці інцидентності, у якій номери рядків відповідають номерам джерел інформації, а номери стовпців — номерам споживачів інформації. Кожний стовпець матриці інцидентності можна розглядати як вектор зв'язків, що надходять до споживача інформації, номер якого відповідає номеру стовпця. Відповідно, кожний рядок матриці інцидентності являє собою вектор зв'язків, що виходять від відповідного джерела до інших споживачів. Елементи на перетині рядків та стовпців набувають значення довжини ребра графа (характеристики інформаційного зв'язку), що з'єднує відповідне джерело з відповідним споживачем. При числових розрахунках також виникає необхідність використання різновиду матриці інцидентності – ортонормованої матриці інцидентності, в якій значення елементів можуть набувати значення 0 або 1. Така матриця може бути використана у тому випадку, якщо для дослідження є необхідність визначити наявність інформаційних зв'язків між відповідними елементами структури СУР без визначення характеристики зв'язку. Приклад матриці інцидентності для структури СУР, наведеної на рис. 1, має вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9 \end{pmatrix}.$$

Ортонормована матриця інцидентності, що відображає наявність інформаційних зв'язків між елементами структури без опису характеристик, має вигляд:

$$A' = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Введена матриця інцидентності є математичною моделлю структури СУР мбр, що в залежності від значень, яких набувають елементи матриці, відображає один з можливих варіантів структури СУР мбр та складається з чітко визначеної кількості джерел, споживачів інформації та інформаційних зв'язків.

Відображення структури СУР у вигляді матриці інцидентності дозволяє використовувати при аналізі структур СУР та проведенні числових розрахунків різноманітні процедури перетворення структур у термінах алгебраїчних операцій, при цьому результати таких операцій з математичними моделями структур будуть адекватно відображати відповідні перетворення структур реальної системи.

В, сновк, яперспект, в, яя подальш, хядослідженья

Таким чином, у даній статті запропонований формалізований опис структури СУР мбр у вигляді орієнтованого графа та адекватної йому математичної моделі структури СУР з використанням матриці інцидентності. Зазначені дослідження дозволили описати структуру СУР мбр у вигляді, зручному для

проведення розрахунків та для реалізації на ЕОМ.

Подальші дослідження можуть бути направлені на оцінку ефективності СУР мбр при різних варіантах структури СУР з використанням розробленої математичної моделі структури СУР, а також при виборі оптимальної структури СУР у різних умовах обстановки. При подальших дослідженнях також можливо використовувати розроблені в [1] операції з матрицями інцидентності для опису перетворень структур з урахуванням специфіки вирішуваних у межах даного дослідження завдань.

Сп, сокялітератур, я

1. *Модельовання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): Монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 410 с.*
2. *Синтез адаптивних структур системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття об'єктів і військ та оцінка її ефективності (теорія, практика, тенденції розвитку): Монографія / А.Я. Торочин, І.О. Кириченко та інші. – Х.: ХУ ПС, 2006. – 350 с.*
3. *Заліван О.В., Заїка В.Ф., Таран І.А. Раціональний розподіл засобів виявлення та вогневого ураження між об'єктами на полі бою // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – Вип. 2 (6). – С. 53-55.*
4. *Заліван О.В., Таран І.А. Оптимізація структури системи управління розвідкою загальновійськового формування для підвищення ефективності вогневого ураження противника в бою // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – Вип. 3 (7). – С. 8-11.*
5. *Оре О. Теория графов. – М.: Наука, 1980. – 486 с.*

Надійшла до редколегії 12.11.2006

Рецензент: канд. військ. наук, доцент Є.Б. Смирнов, Об'єднаний науково-дослідний інститут Збройних Сил, Харків.