

МЕТОД КОРРЕКТИРОВАНИЯ ОГНЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ПОДГОТОВКЕ ДАННЫХ ДЛЯ СТРЕЛЬБЫ

С.М. Свідерок, Ю.В. Шабатура, А.О. Прокопенко

На основе анализа опыта применения артиллерийских подразделений в АТО и анализа системы ошибок по дальности и направлению стрельбы артиллерийских систем предложен способ уменьшения средних ошибок подготовки установок для стрельбы. Реализация такого подхода корректировки огня артиллерийских систем позволит уменьшить время выполнения огневых задач и расход боеприпасов.

Ключевые слова: отклонение условий стрельбы от табличных, снаряд-индикатор, срединные ошибки подготовки установок, точность огня.

TECHNIQUE OF THE FIRE CORRECTION OF ARTILLERY SYSTEMS ACCORDING TO MODERN REQUIREMENTS TO THE DATA PREPARATION FOR SHOOTING

S. Sviderok, U. Shabatura, A. Prokopenko

On the basis of failure analysis of field artillery units performance in the Anti-Terrorist Operation (ATO), and the examination of errors in range and direction of fire, methods and means of reducing average errors in entering and correcting firing data were presented in the article. As research results have proven, the adoption of such approach in artillery fire adjustment, will optimize the time of realization of combat tasks and significantly reduce ammunition loss.

Key words: tabular firing tables deviation (also circular error probable (CEP) deviation), shell fuse indicator, median error of firing data, fire adjustment, accuracy of fire.

УДК 355.45

І.А. Таран

Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДАРІВ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО АЛГОРИТМУ

У роботі запропоновано використання мультиагентного алгоритму для визначення напрямків ударів повітряного противника. Алгоритм дозволяє аналізувати повний простір можливих рішень, при цьому має високу швидкодію і може бути застосований при оцінці повітряного противника командиром угруповання протиповітряної оборони. Результати застосування алгоритму можуть бути використані при оцінці ефективності існуючої структури системи протиповітряної оборони, при визначенні слабких місць системи протиповітряної оборони та заходів щодо її нарощування.

Ключові слова: мультиагентний алгоритм, штучний інтелект, оптимізація, маршрут польоту, система протиповітряної оборони, засіб повітряного нападу, об'єкт удару.

Вступ

Постановка проблеми. Якість рішення, що приймає командир угруповання (частини, підрозділу) протиповітряної оборони (ШПО) (далі – угруповання ШПО), значною мірою залежить від правильності оцінки обстановки. При оцінці повітряного противника (далі – противника) необхідно проаналізувати велику кількість можливих напрямків його ударів з визначенням найбільш ймовірних, що в умовах обмеженого часу приводить до зниження оперативності управління. Тому, як правило, вивчаються тільки

декілька можливих варіантів дій противника, які вибираються на основі суб'єктивних уявлень командира, що може призвести до недостовірних оцінок та низької якості рішень, що приймаються.

Застосування математичних методів дослідження операцій для визначення напрямків ударів противника ускладнене через неможливість аналітичного описання цільової функції. В останні роки набувають розвитку мультиагентні методи штучного інтелекту, які дозволяють з високою швидкістю знаходити квазіоптимальні рішення у системах, цільові функції яких не мають аналітичного опису. Це робить актуальним проведення

досліджень щодо застосування вказаних методів для визначення напрямків ударів противника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження процесів прийняття рішення командиром угруповання ППО ґрунтовно розкриті в [1-2]. В [1] систематизовані сучасні методи оцінки ефективності ведення бойових дій військами (силами) ППО, узагальнена сукупність показників та критеріїв ефективності. В [2] викладені теоретичні основи синтезу адаптивних структур системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття. Але в проаналізованій літературі мало уваги приділяється питанням прогнозування варіантів дій противника та визначення напрямків його ударів. В [3] запропонований метод визначення напрямків ударів противника на основі нечіткої класифікації. Як вихідні дані використовуються розвідувальна інформація, яка надається засобами розвідки безпосередньо в ході ведення бойових дій, що робить неможливим застосування методу при організації бойових дій (бою).

Мета статті: розробка методики визначення напрямків ударів повітряного противника з використанням мультиагентного алгоритму.

Виклад основного матеріалу

Основи мультиагентного алгоритму. Мультиагентний алгоритм (МА), використаний в даному дослідженні, оснований на імітації природного механізму пошуку найкоротшого шляху до джерела їжі колонією мурах (агентів) [4]. Самоорганізація системи забезпечується низькорівневою взаємодією агентів, при цьому агенти обмінюються тільки локальною інформацією, для передачі якої вони використовують спеціальний секрет, феромон, що відкладається агентом на своєму маршруті. Наступний агент, який буде знаходитись поблизу маршруту руху першого, сприймає феромон та з високою ймовірністю продовжить рух по шляху першого агента, в свою чергу відкладаючи феромон (підвищуючи його концентрацію на маршруті). Чим вище концентрація феромону на маршруті, тим вища привабливість цього маршруту для наступних агентів. Розподіл феромону в навколишньому середовищі являється немовби динамічною пам'яттю системи. Кожний агент в певний момент часу сприймає та змінює одну гратку цієї пам'яті – рівень феромону в околиці точки, в якій агент знаходиться.

Концентрація феромону, відкладеного на маршруті, пропорційна привабливості (якості, ефективності) маршруту. Чим привабливіший буде маршрут, тим більшою буде концентрація феромону на ньому, в результаті кращі маршрути зберігаються в глобальній пам'яті колонії агентів і з вищою ймовірністю будуть обрані наступними агентами.

З часом феромон випаровується, що забезпечує зворотний зв'язок. Оскільки, як зазначено вище, концентрація феромону буде поступово збільшуватись на привабливих маршрутах, а швидкість

випаровування феромону є постійною, через деякий час невіддалі маршрути зникнуть, і все більше агентів будуть здійснювати рух лише по вдалих маршрутах. Використання зворотного зв'язку (випаровування) попереджає завчасну сходимість рішень – вибір агентами того самого субоптимального маршруту.

У кожній ітерації алгоритму M агентами здійснюється пошук рішення та оновлення феромонів на знайденому маршруті. Кожний m -й агент починає шлях з вихідної точки маршруту (ВТМ), послідовно проходить вибрані алгоритмом поворотні точки маршруту (ПТМ) і завершує шлях в одній з кінцевих точок (КТМ). Вибір ПТМ з J можливих здійснюється на основі ймовірнісного правила, що визначає ймовірність $P_i^m(t)$ переходу m -го агента в i -у ПТМ з врахуванням привабливості i -ї ділянки маршруту L_i та концентрації феромонів на цій ділянці F_i в момент часу t наступним чином:

$$P_i^m(t) = \frac{F_i(t)^\alpha \cdot L_i^\beta}{\sum_{j=1}^J F_j(t)^\alpha \cdot L_j^\beta}, \quad (1)$$

де α і β – параметри, що задають вагу феромону і привабливості ділянки, відповідно.

У межах даної статті вважаємо, що привабливість ділянки маршруту L_i в МА обернено пропорційна затратам на подолання ділянки, тобто

$$L_i = \frac{1}{D_i}, \quad (2)$$

де D_i – довжина i -ї ділянки маршруту.

На початку ітераційного процесу кількість феромону на ділянках маршруту приймається однаковою і рівною деякому невеликому числу F_0 . Після кожної ітерації концентрація феромонів на вибраних агентами ділянках оновлюється за правилом:

$$F_i(t+1) = (1-\rho)F_i(t) + \sum_{m=1}^M \Delta F_i^m, \quad (3)$$

де $\rho \in [0,1]$ – швидкість випаровування феромону;

ΔF_i^m – концентрація феромону на i -й ділянці маршруту, що створюється проходженням m -го агента.

У результаті проведення певної кількості ітерацій визначаються найпривабливіші за вибраним критерієм маршрути, концентрація феромону на яких максимальна. Феромон на непривабливих маршрутах поступово "висихає" і непривабливі маршрути зникають.

Застосування мультиагентного алгоритму для визначення напрямків ударів противника

В [5] наведені результати визначення напрямків ударів противника від аеродромів базування до об'єкта удару (ОУ) з використанням МА при наявності "заборонених зон" (рис.1).

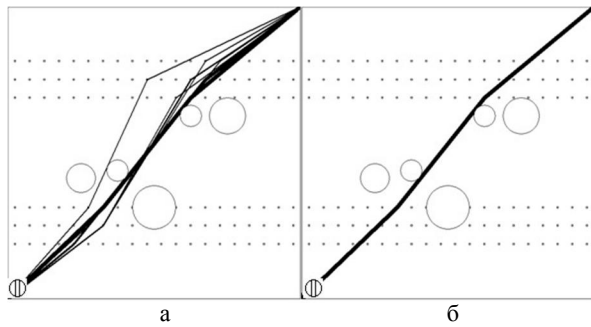


Рис. 1. Результати використання МА для визначення напрямків удару противника при наявності "заборонених зон":

а – після 100 ітерацій; б – після 300 ітерацій

На відміну від досліджень [5] в даній статті використовуються наступні припущення та позначення.

1. Вважаємо відомим перелік ОУ, їх кількість – N_{OU} .
2. Вважаємо відомим положення рубежу виконання завдання (РВЗ) повітряного противника відносно ОУ. При виході засобів повітряного нападу (ЗПН) противника на РВЗ ОУ поражається з необхідним (для противника) ступенем.

3. Вважаємо відомим просторове положення множини вихідних точок маршруту (ВТМ); це положення може співпадати, наприклад, з рубежом вводу в бій ЗПН противника; поява ЗПН противника в будь-якій точці множини ВТМ рівноймовірна, що відповідає апріорній однаковій небезпеці нападу повітряного противника з кожного з можливих напрямків ВТМ – ОУ.

4. Маршрут польоту ЗПН від ВТМ до РВЗ може проходити через "заборонені зони" (зони розвідки, зони вогню), які позначені на рис. 1, 2 колами.

5. Маршрут польоту ЗПН від ВТМ до РВЗ можна представити як сукупність горизонтальних ділянок та ПТМ, в яких відбувається зміна курсу, а в загальному випадку, і висоти польоту. Кількість ПТМ на маршруті – $N_{ПТМ}$. Політ по кожній з ділянок маршруту, а також здійснення маневру в вибраних ПТМ має певні небезпеки для ЗПН та вимагає певних витрат ресурсів, що призводить до наявності переваги одного маршруту польоту перед іншим.

6. У наведених нижче результатах розрахунків привабливість ділянки маршруту розраховувалась за (2). У загальному випадку можливо, крім затрат на подолання ділянки маршруту, визначати математичне сподівання кількості поражених ЗПН (аналітично або в ході моделювання протиповітряного бою) та при визначенні привабливості ділянки маршруту використовувати метод лексикографічного впорядкування.

На рис. 2 наведені результати розрахунків при $N_{OU} = 1, N_{ПТМ} = 1$.

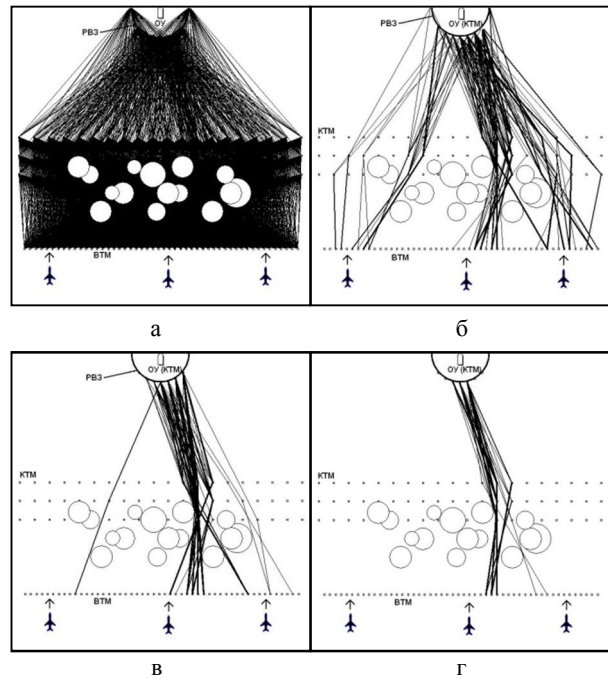


Рис. 2. Результати використання МА для визначення напрямків ударів противника:

а – після 50 ітерацій; б – після 300 ітерацій;
в – після 500 ітерацій; г – після 1000 ітерацій

Пояснимо наведені на рис. 2 результати досліджень. На початку ітераційного процесу (після 50 ітерацій – рис. 2а) більшість можливих маршрутів польоту ЗПН до ОУ "зафарбована" феромоном з початковою концентрацією F_0 . Збільшення кількості ітерацій призводить до "висихання" феромонів на менш привабливих маршрутах та до збільшення їх кількості на найбільш привабливих. При збільшенні кількості ітерацій виділяються найбільш ймовірні напрямки ударів противника безпосередньо поблизу об'єкту удара (рис. 2в). При збільшенні кількості ітерацій один з можливих напрямків починає доминувати (рис. 2г). Аналіз результатів застосування МА при відносно невеликій кількості ітерацій (рис. 2 б, в) дозволяє визначити декілька найбільш ймовірних напрямків ударів противника.

Висновки

Таким чином, в даній роботі запропонована методика визначення напрямків ударів повітряного противника з використанням мультиагентного алгоритму. Методика може бути використана:

в ході оцінки обстановки при визначенні найбільш ймовірних напрямків ударів повітряного противника;

при оцінці ефективності існуючої структури системи ППО;

при визначенні слабких місць системи ППО та заходів щодо нарощування системи ППО.

Подальші дослідження можуть бути направлені на розробку методик оцінки ефективності структури системи ППО та синтезу раціональної структури системи ППО.

Список літератури

1. Моделювання бойових дій військ (сил) проти-повітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку). Монографія / [Городнов В.П., Дробаха Г.А., Єрмошин М.О., Смірнов Є.Б., Ткаченко В.І.] – 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 / [Торочин А.Я., Кириченко І.О., Єрмошин М.О., Дробаха Г.А., Долина М.П.] – Х.: ХУПС, 2006. – 350 с.
3. Олизаренко С.А. Метод формалізації задачі розпознавання направлених ударов СВН противника на основе нечеткой классификации / С.А. Олизаренко,

А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 2(100). – С. 70–80.

4. Суботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг. ред. С.О. Суботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

5. Худов Г.В. Використання мультиагентного (мурашиного) алгоритму для розпізнавання елементів замислу повітряного противника / Г.В. Худов, І.А. Таран // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 3(43). – С. 179–185.

Рецензент: д.т.н., проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ УДАРОВ ВОЗДУШНОГО ПРОТИВНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО АЛГОРИТМА

И.А. Таран

В работе предложено использование мультиагентного алгоритма для определения направлений ударов воздушного противника. Алгоритм позволяет анализировать полное пространство возможных решений, при этом имеет высокое быстродействие и может быть применен при оценке воздушного противника командиром группировки противовоздушной обороны. Результаты применения алгоритма могут быть использованы при оценке эффективности существующей структуры системы противовоздушной обороны, при определении слабых мест и мероприятий по наращиванию системы противовоздушной обороны.

Ключевые слова: мультиагентный алгоритм, искусственный интеллект, оптимизация, маршрут полета, система противовоздушной обороны, средство воздушного нападения, объект удара

SYNTHESIS OF RATIONAL STRUCTURE OF AIR DEFENSE GROUPING INTELLIGENCE SYSTEM WITH USING MULTI-AGENT ALGORITHM

I. Taran

The paper presents the use of multi-agent algorithm to determine the direction of air strikes of the enemy. The algorithm allows to analyze the full scope of possible solutions with a high speed and can be used when air force group commander evaluates the air enemy. The results of the algorithm can be used to estimate the effectiveness of the existing air defense structure, in determining weaknesses air defense system and measures to increase air defense system.

Key words: multi-agent algorithm, artificial intelligence, optimization, flight path, air defense system, means of air attack, object of air attack