

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ "ЕШЕЛОН-2000" ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖІ ПЕОМ

к.в.н. В.І.Ткаченко, к.т.н. Г.А. Дробаха, Є.Б. Смірнов
(подав д.т.н., проф. В.І. Карпенко)

У статті розкриваються основні принципи, які закладені в розроблену програму для інформаційно-розрахункового забезпечення процесів прийняття рішення на протиповітряну оборону та дозволяють отримати результати тривалого прогнозу бойових дій.

1. Призначення моделі, основні обмеження та допущення

При дослідженні складних систем інколи потрібне детальне моделювання та докладний аналіз умов їх функціонування, виявлення тенденцій розвитку процесів, властивих таким системам, оперативне отримання оцінок показників бойових можливостей військ [1, 2]. При цьому умовою використання моделей є їх адекватність дійсності у рамках прийнятих менш жорстких припущень.

Програма "Ешелон-2000" реалізує аналітико-стохастичну та детерміновану імітаційно-статистичну моделі системи протиповітряної оборони (ППО), які призначені для автоматизації розрахунків при прийнятті рішення на протиповітряну оборону та для прогнозу можливої динаміки розвитку бойових дій при відбитті ударів з повітря за конкретними реалізаціями угруповань сил і замислу дій сторін.

У режимі дослідження просторово-часових параметрів зон дій засобів ППО відображається електронна карта місцевості, на яку автоматично наносяться умовні позначки по елементах угруповання. У інтерактивному режимі ці дані можуть змінюватись з метою уточнення параметрів угруповання та вибору потрібного варіанта, оцінки його статичних параметрів.

Основні обмеження і припущення моделі зведені до наступного.

З метою підвищення оперативності розрахунків, що проводяться, ряд факторів (рельєф місцевості, метеоумови, радіогоризонт і ін.) у розрахункових задачах і моделях *враховуються побічно*. Тому результати дозволяють судити, головним чином, про граничні можливості системи ППО. Такий підхід дозволяє проводити *оперативну оцінку варіантів побудови та структури системи ППО*, яку потім доцільно уточнювати з використанням більш детальних моделей і задач.

Основні обмеження реалізованої бази даних моделі, в основному, визначаються розміром оперативної пам'яті *мінімальної комплектації ПЕОМ* (до 8 Мб), на якій може бути реалізована програма моделі.

Програма реалізована алгоритмічною мовою Паскаль за допомогою компілятора *TMT-Pascal*. Розмір коду програми моделі на алгоритмічній мові Паскаль – 642 Кб. Розмір коду програми моделі, відтрансльованої та підготовленої до використання, – 530 Кб. Ємність пам'яті для зберігання бази даних та електронної топокарти на НМД у мінімальному варіанті – до 6 Мб, ємність пам'яті для зберігання електронної топокарти високої якості – 32 Мб.

Потрібний *комплект обчислювальних засобів* для реалізації можливостей програми моделі - IBM-сумісна ПЕОМ за продуктивністю типу "Pentium-2" або вище з об'ємом оперативної пам'яті не менш 64 Мб. Відеокарта - SVGA з розрізняювальною спроможністю не менш 1024x768 пікселів та ємністю відеопам'яті 8 Мб, яка підтримує VESA – режими.

2. Алгоритми відображення інформації та документування

Алгоритми підсистеми відображення інформації та документування призначені для виведення або реєстрації на НМД ПЕОМ текстових і графічних форм у ході розрахунків, моделювання та при узагальненні результатів чергового прогону моделі по його закінченні.

Згідно з алгоритмами *блоку реєстрації результатів моделювання та розрахунків* у ході роботи моделі забезпечується відбір і запам'ятовування даних, необхідних для наступної обробки по закінченні моделювання (прогону моделі), а також вихідних даних моделі, що далі можуть використовуватись як окремі документи.

Згідно з алгоритмами *відображення інформації* здійснюється підготовка та видача на екран ПЕОМ текстових і графічних форм з результатами розрахунків та моделювання, до основних з яких відносяться:

- електронні топографічні карти з нанесеною обстановкою при вводі даних;
- електронні контурні карти з нанесеною обстановкою для швидкого відображення результатів проміжних розрахунків та редагування даних;
- електронні контурні карти та схеми для відображення обстановки за тактами роботи імітаційної моделі бойових дій;
- тривимірні карти та гістограми для відображення зон дії засобів ППО в просторі, оперативної щільності об'єктів у межах відповідальності та кратності перекриття зон дій у просторі;
- вертикальні перерізи зон дії засобів ППО і зон досяжності по ТТХ засобах повітряного нападу (ЗПН);
- умовні позначки, що використовуються для нанесення обстановки;
- текстові форми відображення результатів розрахунку ефективності протиповітряної оборони;
- текстові форми відображення даних у ході моделювання бойових дій;
- текстові і графічні форми відображення даних при редагуванні баз даних.

3. Алгоритми забезпечення діалогового режиму та управління обчислювальним процесом

Комплекс алгоритмів підсистеми забезпечення діалогу та управління моделлю призначений для організації введення вхідних даних, управління прогоном моделі та видачею результатів моделювання, реалізації програми збору даних за результатами моделювання.

Алгоритм *блоку введення даних та команд управління моделлю* забезпечує прийом даних від оператора (з клавіатури ПЕОМ та через графічний маніпулятор) та представлення їх у пам'яті ПЕОМ у вигляді, необхідному для подальшого використання.

Алгоритми *управління базою даних моделі* призначені для організації огляду баз даних та введення даних згідно з завданням на моделювання та розрахунки. Основні *інформаційні масиви моделі* зведені в низку груп, у кожній з котрих інформація об'єднується за смисловим змістом: оперативне шиккування, базування ЗПН, траєкторії ЗПН, тактико-технічні дані ЗПН, напрямки удару ЗПН, види озброєння ЗПН, тактико-технічні характеристики озброєння ЗПН, формуляри повітряних цілей, угруповання своїх військ та об'єктів, характеристики об'єктів прикриття, тактико-технічні характеристики радіотехнічних засобів та літаків винищувальної авіації, засоби управління, засоби автоматизації управління. При цьому база даних розроблена з орієнтацією на подальше розширення моделі та переліку розрахункових задач.

Для забезпечення *інформаційного зв'язку з іншими комплексами моделей та задач* передбачено створення спеціальних двонаправлених конверторів інформації, що переводять дані у форму, доступну для їх використання. Це дозволяє частково вирішити задачу забезпечення сумісності різних моделей та задач між собою, єдності обробки та сприймання інформації.

З метою забезпечення швидкого та зручного вводу і корекції даних передбачено декілька *редакторів*, серед яких слід виділити: *загальний редактор бази даних*, що забезпечує доступ до всіх даних у текстовому вигляді; *редактор для введення даних щодо оперативного шиккування угруповань сил з використанням електронної топографічної карти*; *редактори даних по угрупованнях, об'єктах і засобах ППО*, що забезпечують швидкий огляд та коригування даних угруповань сил, у тому числі з їх відображенням на фоні електронної контурної карти та корекцією координат точок базування (позиційних районів) засобів за допомогою графічного маніпулятора; *редактор для огляду у графічному вигляді, вводу та коригування параметрів апроксимації зон дії засобів ППО і ЗПН*; *редактор матриці управління* для оперативного введення даних щодо наявності інформаційного зв'язку між пунктами управління та засобами й оцінок величин затримки в проходженні інформації управління; *редактор матриці удару* для надання та коригування вхідних параметрів траєкторій руху ЗПН у складі масованого авіаційного удару; *редактори для коригування каталога файлів*.

4. Стандартні обчислювальні процедури і функції

Стандартні процедури і функції можуть бути використані в будь-якому розрахунковому блоці моделі. Будь-яка стандартна процедура або функція також може використовувати будь-які стандартні процедури або функції даного блока. Але при включенні до блока нових процедур або функцій змінювати раніше налагоджені не допускається.

Основні стандартні процедури і функції забезпечують: коректний розрахунок часу для моделювання руху ЗПН; реалізацію розширених тригонометричних функцій; розрахунок радіуса Землі в точці із заданою широтою f ; розрахунок нормального прискорення на поверхні Землі на широті f та нормального прискорення на висоті h ; обчислення висоти точки над поверхнею Землі; розрахунок гострого кута з вершини на точки, які задані в прямокутній системі координат; розрахунок радіуса проекції на поверхню Землі перерізу стандартної зони дії засобу ППО на заданій висоті; розрахунок відстані між двома точками та синусу азимуту напрямку з однієї точки на іншу; розрахунок дальності прямої видимості цілі з урахуванням стандартної рефракції; розкладання вектора швидкості за напрямком руху; переведення систем координат (всього 12 процедур); розрахунок параметрів руху засобів повітряного нападу і балістичних ракет (всього 12 процедур); розрахунок досяжності ЗПН за дальністю дії (всього три процедури); відображення тривимірних зображень; розрахунок проекцій зон дій засобів ППО і засобів повітряного нападу; формування тривимірної електронної контурної карти; розрахунок ступеневої функції; розрахунок об'єму програми за довжиною програми та словником; розрахунок імовірності попадання цілі в коло заданого радіуса; розрахунок значень інтеграла імовірності і функції Лапласа; оцінку значень математичного сподівання та середнього квадратичного відхилення випадкової величини при невеликій кількості іспитів; розрахунок імовірності перевищення випадкової величини середнього значення при заданому її середньому квадратичному відхиленні; нестандартні роботи з відеоадаптером у SVGA-режимах, підтримку графічних меню, драйвера графічного маніпулятора, робіт з файлами формату "BMP", робіт з поширеним набором шрифтів, з клавіатурою, спеціальну обробку відеозображень та формування алфавітно-цифрових даних; реалізацію динамічної тривимірної графіки.

5. Спеціальні процедури і функції

Спеціальні процедури і функції реалізують розрахункові і логічні співвідношення, властиві алгоритмам математичної моделі. При їхній розробці використовувались стандартні процедури і функції попереднього розділу. Основні спеціальні процедури і функції забезпечують: сервісне обслуговування моделі; обслуговування баз даних; відображення інформації та результатів розрахунків; реєстрацію інформації; систему меню; розрахунок поточних параметрів моделі та формування результатів.

6. Основні режими використання штабної математичної моделі й моделювання бойових дій з ППО

Редагування й перегляд каталогів даних про базування ЗПН, засоби ППО та об'єкти, що прикриваються. У вказаному режимі здійснюється підготовка даних, необхідних для проведення розрахунків, відповідно до заданого угруповання ЗПН і своїх військ формуються масив засобів ППО і об'єктів, масив баз ЗПН і масиви їхніх характеристик.

Редагування матриці управління та розрахунок характеристик системи управління силами й засобами. Режим редагування матриці управління дозволяє вводити дані, які необхідні для пошуку величин *мінімальної та максимальної кратної затримки* інформації між ланками системи управління; для *обліку характеру розповсюдження інформації* від засобів розвідки при моделюванні функціонування системи ППО і визначенні проходження ЗПН через зони ураження засобів ППО; для *відображення структури системи управління* на фоні карти місцевості або у вигляді схеми; для проведення розрахунків *завантаженості системи управління ППО* і її елементів при відбиванні ударів ЗПН, *показників якості системи управління.*

Моделювання одиночного удару ЗПН (групи ЗПН за напрямком). Режим призначений для проведення *розрахунків траєкторії польоту одиночного ЗПН або групи ЗПН з одного напрямку* і визначення умов їхнього проходження через зони дії засобів ППО. Після вибору заданої бази ЗПН і об'єкта удару програма переходить у режим розрахунку траєкторії польоту ЗПН.

Моделювання масованого авіаційного удару. Режим призначений для проведення *розрахунків траєкторій польоту груп ЗПН за різноманітними напрямками* і визначення умов їхнього проходження через зони дії засобів ППО та оцінки значень показників ефективності протиповітряної оборони для заданого варіанта дій повітряного противника [1].

Результати розрахунків просторових показників системи ППО відображаються на фоні електронних карт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городнов В.П. Моделирование боевых действий частей, соединенный и объединений Войск ПВО. – Харьков : ВИРТА ПВО, 1987. – 380 с.
2. Дробаха Г.А., Смірнов Є.Б. Інформаційне забезпечення процесів управління протиповітряною обороною // Зб. наук. пр. ЦНДІ озброєння та військової техніки ЗСУ. – К.: ЦНДІ ОВТ. – 2001. – Вип.10. – С.7 - 12.

Надійшла до редколегії 10.09.2001