

УДК 004.932.75 (045)

ВІДОБРАЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ПРИЛЕГЛИХ ДО АЕРОПОРТУ ЗОНАХ*Л. С. Чубко*, канд. фіз.-мат. наук, доц.; *С. О. Ясенев*

Національний авіаційний університет

yasenev91@gmail.com

Підвищення швидкості і кількості повітряних суден зумовлюють збільшення складності процесів їх відображення, розпізнавання та взаємодії з ними, викликають необхідність їх прив'язки до місцевості, над якою вони рухаються, створенні системи їх відображення. Розглянуто структуру такої системи, охарактеризовано процеси руху повітряних суден шляхом одночасної трансформації їх символів і ділянок картографічного фону.

Ключові слова: програмний комплекс; система відображення динамічних об'єктів; цифрові карти; реальний час; координати.

Increasing the speed and number of aircraft causing increasing complexity of the processes of reflection, recognition and interaction with them, it is necessary to bind to the terrain over which they move, creating a system to display them. The purpose of this paper is to examine the structure of the system, represented processes aircraft movements by simultaneously transforming their characters and plots cartographic background.

Keywords: software system; display system; dynamic objects; digital maps; real time; coordinates.

Вступ

Одним з основних питань, що визначають задачу побудови системи відображення динамічних об'єктів на території аеропорту (АП) і в прилеглих до нього зонах, є наявність карт території АП, територій прилеглих до нього і можливість нанесення символів об'єктів на фон карти. Картографічна інформація використовується як елемент динамічних сцен повітряної обстановки, яка надає наочну інформацію про рух усіх повітряних суден (ПС) на території АП і в прилеглих до нього зонах. Підвищення швидкості та кількості ПС зумовлюють збільшення складності процесів їх відображення, розпізнавання і взаємодії з ними в реальному часі.

Для задоволення вимог управління повітряним рухом з метою підвищення рівня системи комплексної безпеки АП і ПС необхідне точне визначення місцеположення ПС, об'єктів АП, навігаційних засобів, перешкод, а також об'єктів місцевості, пеленгів та інших аеронавігаційних засобів. Уся ця інформація повинна бути доповнена даними геодезичної прив'язки аеронавігаційних орієнтирів (АНО), будов і споруд АП. Сучасна гранична точність визначення геодезичних параметрів АНО наведена в документі [1].

Постановка проблеми

Актуальною залишається проблема побудови точних аеронавігаційних карт, які створюються на основі топографічних.

Таким чином, потрібне геодезичне і картографічне забезпечення безпеки польотів, одним з чинників якого є визначення точних координат АНО, будов і споруд АП, створення і актуалізація карт АП, території навколо АП і трас польотів.

ICAO (*International Civil Organization Aviation* — Міжнародна організація цивільної авіації) визнала доцільним мати весь масштабний ряд цифрових карт, на яких точно зображено рельєф місцевості і перешкоди. При цьому повинні бути побудовані масиви картографічних даних про АП та прилеглих до нього зон навколо АП радіусом не менше ніж 60 км.

Аналіз досліджень і публікацій

Аналіз літератури з картографічного забезпечення системи відображення повітряної обстановки показав, що найбільш оптимальною моделлю побудови баз картографічних даних (БКД), котрі можуть використовуватися для аеронавігації і убезпечення ПС і АП, є геореалістична модель [2–3], яка вже досить поширена.

На сьогодні існує ряд проблем щодо створення та функціонування БКД, які можуть бути використані для відображення повітряної і наземної обстановки [3–6].

Нині над цим питанням працюють такі вчені, як О. М. Берлянт, Б. Гоффман-Велленгоф, А. А. Лященко, Ю. О. Карпінський, Д. В. Щетинін, С. С. Лалетін, К. Легат, М. Візер, А. М. Касім, М. Демерс, Е. Я. Фальков, А. В. Кошкарев, В. П. Каракін, Л. М. Местецький, М. І. Васюхін, В. О. Шевченко, М. І. Лисенко, Ю. Х. Давідсон, Е. Л. Бондаренко, М. М. Касім та ін.

Цілі

Створення систем подання картографічної інформації про місцевість з наступним відображенням на її фоні ПС у вигляді динамічних сцен є одним з головних завдань відображення повітряної обстановки над аеропортом і в прилеглих до нього зонах [7].

Для цього потрібно побудувати динамічну сцену для повітряних суден з синхронною трансформацією зображення їх символів і картогра-

фічного фону в процесі підльоту до АП відповідно до запропонованих вимог, наведених в таблиці.

Добір розмірів символу ПС і масштабу карти залежно від відстані ПС до АП

Символ ПС, найменування	Розмір символу, пікселів	Картографічний фон для даної ділянки, масштаб	Відстань до центру злітно-посадкової смуги, км
Точка мікрорастр	4×4	1 : 100 000 — 1 : 50 000	500 — 200
Хрестик у нулі	8×8	1 : 50 000 — 1 : 25 000	200 — 100
Простий символ	16×16	1 : 25 000 — 1 : 10 000	100 — 50
Стандартний символ	32×32	1 : 10 000 — 1 : 5 000	Від 50 км до аеропорту
Стилізоване зображення ПС	64×64	1 : 5 000 — 1 : 1 000	На території аеропорту

Вимоги до моделювання систем відображення

Комп'ютерна імітація динамічних сцен [8] дає можливість з потрібним ступенем деталізації промоделювати ці процеси, враховуючи при цьому всі відзначені вимоги до системи відображення, параметри проектних рішень і статистичні дані потоків ПС з тим, щоб отримати як точні кількісні оцінки, так і забезпечити проведення якісного аналізу динамічної обстановки.

Важливою складовою систем відображення та імітаційних моделей є програмний комплекс, який забезпечує розв'язання всіх задач, пов'язаних підготовкою початкових даних, чисельною обробкою вихідних даних, отриманням статистичних результатів, візуалізацією повітряної і наземної обстановки з відображенням динамічних об'єктів в реальному часі. На підставі вищевикладеного сформулюємо такі основні вимоги до програмного комплексу:

– модель функціонування АП повинна задовольняти різні варіанти розкладів авіапереве-

зень, як існуючих, так і прогностичних, одержаних у результаті модифікації існуючих;

– у програмному комплексі має бути передбачена можливість опису варіантів перспективних проектних рішень, а також існуючих процесів функціонування АП у вигляді сценаріїв, які допускають прості способи їх створення і редагування з можливістю проведення імітаційних експериментів;

– програмний комплекс повинен забезпечувати (для моделі функціонування АП) можливість варіювання параметрів залежно від задачі;

– система відображення динамічної обстановки має забезпечити відображення процесу руху ПС у прилеглих до аеропорту зонах у реальному часі, а також по льотному полю.

– програмний комплекс повинен забезпечувати перевірку адекватності результатів моделювання (як формальними методами на основі кількісного аналізу результатів моделювання, так і за допомогою експертних оцінок).

Структуру програмного комплексу показано на рис. 1.

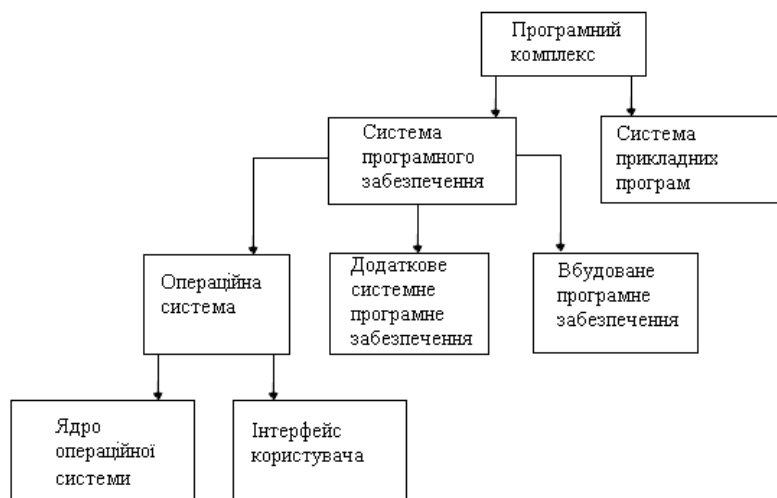


Рис. 1. Структура програмного комплексу

З метою зменшення зв'язності між компонентами і підвищення гнучкості додатків ці підсистеми можуть бути реалізовані як окремі програмні модулі. Обмін інформацією між ними проводиться через зовнішні (обмінні) файли. Для зручності користувача повинен бути розроблений програмний модуль, що здійснює централізоване управління цими підсистемами.

Додатковими вимогами до системи відображення є:

- представлення тієї інформації, яка необхідна даному режиму польоту;
- вивід, на запит оператора, різноманітних картографічних даних про місцевість та перешкоди, а також про ПС з наступним відображен-

ням цієї інформації у вигляді візуального динамічного образу на екрані в реальному часі;

- висока наочність, представлення повітряної і наземної обстановки як вдень, так і вночі на фоні карти в реальному часі;
- можливість здійснення представлення інформації в узагальненій формі.

Методи визначення координат ПС

Для визначення відстані ПС до центру ЗПС можна використовувати декілька методів, наприклад кутомірний, далекомірний, далекомірно-кутомірний, доплерівський [9]. Кутомірний метод, який засновано на процесі пеленгації, легко здійснений має високу точність (рис. 2).

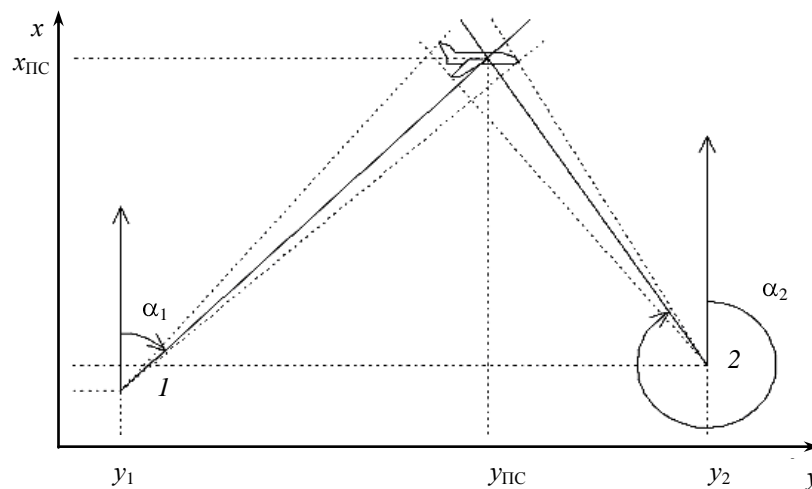


Рис. 2. Схема пеленгації ПС кутомірним методом:

x_1, y_1 — координати пеленгатора «1»; x_2, y_2 — координати пеленгатора «2»; $x_{ПС}, y_{ПС}$ — координати ПС; $\alpha_1(0^\circ < \alpha_1 < 360^\circ), \alpha_2(0^\circ < \alpha_2 < 360^\circ)$ — пеленги на ПС відповідних пеленгаторів

Координати ПС, по відомих координатах пеленгаторів (для визначення яких потрібні високоточні геодезичні методи, про що було сказано вище) можна визначити за формулами:

$$x_{\bar{I}\bar{N}} = \frac{x_2 - x_1 + y_1 \tan \alpha_1 - y_2 \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2};$$

$$y_{\bar{I}\bar{N}} = \frac{(x_2 \tan \alpha_1 - x_1 \tan \alpha_2) + (y_1 - y_2) \tan \alpha_1 \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2},$$

де (x_1, y_1) — координати локатора 1; (x_2, y_2) — координати локатора 2.

Відстань від ПС до центру ЗПС розраховуємо за такими формулами:

$$S_{\bar{I}\bar{N}-\bar{C}\bar{I}\bar{N}} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (1)$$

де $\Delta x = x_{\bar{I}\bar{N}} - x_{\bar{C}\bar{I}\bar{N}}$.

При цьому в програмний комплекс мають бути введені характеристики системи координат, до якої повинна бути виконана прив'язка карти місцевості.

Координати об'єкта можуть бути визначені кутомірно-далекомірним методом.

Оскільки координати локатора відомі і він передає координати об'єкта, що рухається, по азимуту u , ($0^\circ < u < 360^\circ$), куту місця z , ($-90^\circ < z < 90^\circ$), або ($0^\circ < z < 180^\circ$) і дальності ρ (рис. 3), то можна отримати координати ПС за формулами:

$$x_{\bar{I}\bar{N}} = \rho \sin(z) \cos(u);$$

$$y_{\bar{I}\bar{N}} = \rho \sin(z) \sin(u);$$

$$z_{\bar{I}\bar{N}} = \rho \cos(z).$$

Відповідно повинні бути відомі точні координати точки I (локатор), тоді відстань від ПС до центру ВПП розраховуємо за формулами (1). При цьому в програмному комплексі повинні бути введені характеристики системи координат, у якій виконана карта місцевості (зазвичай, параметри еліпсоїда).

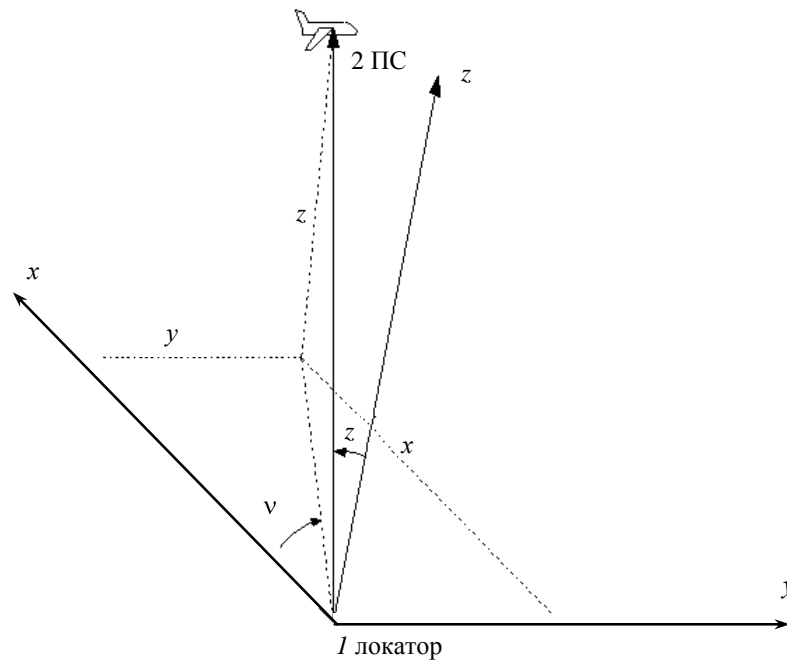


Рис. 3. Схема пеленгації ПС кутомірно-далекомірним методом

Висновки

Отже, аналіз відомих методів організації процесу представлення картографічного фону в системах відображення повітряної обстановки дозволяє виділити деякі особливості, які необхідно враховувати при його створенні: розмір ділянки місцевості на карті, що відображається, її масштаб; багатосаровий й об'єктно-орієнтований характер цифрових карт. Програмний комплекс будується з урахуванням результатів імітаційного моделювання процесів руху ПС і вимог відображення динамічних сцен у реальному часі. Система відображення повинна представляти динамічну сцену для ПС з синхронною трансформацією зображень символів об'єктів, що рухаються в навколосемному просторі, і картографічного фону від відстані ПС до центру ЗПС. Для забезпечення точної математичної основи цифрових карт має бути сформована картографічна база даних, яка повинна містити координати об'єктів та елементи їх взаємного орієнтування. У разі великій дальності і якщо ПС знаходиться на одній прямій з пеленгаторами, слід використовувати далекомірно-кутомірний метод, в інших — кутомірний. Розпізнавання і відображення об'єктів — у режимі реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Руководство по Всемирной геодезической системе.* — 1984 (WGS-84), Дос 9674 A/N 946, Международная организация гражданской авиации.
2. *Кошкарёв А. В.* Региональные геоинформационные системы / А. В. Кошкарёв, В. П. Каракин. — М. : Наука, 1987. — 126 с.
3. *Лысенко М. И.* Организация информационных хранилищ для многослойных картографических изображений / М. И. Лысенко, Е. В. Малахов // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одеса, 2002. — Вып. 1. — С. 57–64.
4. *Мартин Дж.* Организация баз данных в вычислительных системах / Дж. Мартин — М. : Мир, 1980. — 662 с.
5. *Золотухин В. В.* Некоторые актуальные задачи управления воздушным движением / В. В. Золотухин, В. К. Исаев, Б. Х. Давидсон. — ТРУДЫ МФТИ. — 2009. — Том 1, № 3. — С. 94–114.
6. *Імітаційна геоінформаційна модель представлення наземної та повітряної обстановки району аеропорту* / М. Васюхін, А. Касім, В. Гулевець [та ін.] // Геодезія, картографія і аерофотознімання: міжвідомчий науково-технічний збірник / Національний університет «Львівська політехніка»; відповідальний редактор К. Р. Третяк. — Л. : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2011. — Вип. 75. — С. 100–109.
7. *Местецкий Л. М.* Имитационная модель наземного движения воздушных судов в аэропорту / Л. М. Местецкий, Д. В. Щетинин. — Доклад. I Всероссийская конференция «Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках», (ИММОД-2003). — СПб., 2003.
8. *Гоффман-Велленгоф Б.* Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Б. Гоффман-Велленгоф, К. Легат, М. Візер; пер. з англ.; за ред. Я. С. Яцківа. — Л. : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2005. — 443 с.