

УДК 004.932.75

<sup>1</sup>Н. М. Лобанчикова, к.т.н., доц.<sup>2</sup>С. М. Креденцар, к.т.н., доц.

## МЕТОД ПРИСКОРЕНОЇ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНОГО ФОНУ НА ЕКРАНІ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Національний авіаційний університет

<sup>1</sup>E-mail: lobanchikovanm@rambler.ru<sup>2</sup>E-mail: sv\_kreyda@mail.ru

*Розроблено метод побудови картографічного фону, що скорочує кількість звернень безпосередньо в базу картографічних даних і час побудови картографічного фону динамічної сцени на екранах аеронавігаційних геоінформаційних систем. Виконано оцінку ефективності цього методу, що підтверджує скорочення часу побудови картографічного фону для окремих задач у два рази.*

*The method of construction of a cartographical background which reduces number of direct references to the cartographical database is developed. It reduces time of construction of a cartographical background of a dynamic scene for screens of aeronavigation geoinformation systems. The efficiency estimation of the given method which confirms reduction of construction time of a cartographical background in 2 times is performed.*

*Разработан метод построения картографического фона, сокращающий число обращений непосредственно в базу картографических данных и время построения картографического фона динамической сцены на экранах аэронавигационных геоинформационных систем. Выполнена оценка эффективности данного метода, подтверждающая сокращение времени построения картографического фона для отдельных задач в два раза.*

### Постановка проблеми

У сучасних аеронавігаційних геоінформаційних системах реального часу (АНГС РЧ) повітряна ситуація відображається у вигляді зорового образу динамічної сцени. Такий підхід дозволяє в режимі реального часу відтворювати на екрані поточну повітряну ситуацію.

Для більш змістовного відображення зоровий образ динамічної сцени містить дві складові [1–4]:

1) динамічну – відображення переміщення об'єктів спостереження;

2) статичну – картографічний фон, стандартні топографічні об'єкти, нерухомі об'єкти, об'єкти, переміщення яких незначне порівняно зі спостережуваним об'єктом, але потребує обов'язкового відображення для найбільш реалістичного зображення цієї ситуації).

### Аналіз літератури

Побудові зорових образів динамічної сцени в АНГС РЧ присвячено роботи вітчизняних науковців М.І. Васюхіна, В.В. Смоля, В.А. Бородіна [1–4], де розглянуто забезпечення швидкого доступу до картографічних даних для подальшої побудови картографічного фону на екрані системи.

Методи побудови картографічного фону наведено в роботах [1; 2; 5]. Моделі та методи, що використовуються у функціонуючих комплексах, розглянуто у роботах [6; 7], геоінформаційних системах – у роботах [8; 9].

Аналіз підходів, методів та засобів побудови АНГС РЧ показує, що вирішальну роль під час побудови картографічного фону на екрані відіграють методи організації баз картографічних даних та методи скорочення часу зчитування даних з них.

Для підвищення часу реакції АНГС РЧ необхідн удосконалити засоби роботи з базами картографічних даних (БКД)

**Мета роботи** – створення методу прискореної побудови картографічного фону, що забезпечує відтворення динамічної ситуації на екранах АНГС РЧ.

### **Суть методу прискореної побудови картографічного фону**

Запропоновано метод побудови картографічного фону, відповідно до якого вводиться додатковий рівень взаємодії з БКД, що реалізує технологію зовнішнього збереження картографічної інформації, яка вилучається з бази даних, у вигляді окремої електронної карти.

База картографічних даних зберігає великий обсяг картографічних даних, з яких формуються карти різних ділянок місцевості.

Оператор часто використовує карти, що повторюються, тому карти зручно зберігати в окремій ділянці пам'яті у вигляді послідовності файлів сформованої карти, що дозволить її зберігання у вигляді БКД меншого розміру. Під час її відображення не потрібно виконувати пошук по всій БКД та вибирати дані, що можуть знаходитися непослідовно. Перевагою є послідовне розташування необхідних елементів карти, що пришвидшує процес побудови картографічного фону.

У постійно запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) АНГС РЧ слід виділити ділянку пам'яті для зберігання часто використовуваних карт – буферну пам'ять карт (БПК).

Розмір ділянки залежить винятково від конкретної прикладної задачі, що виконується користувачем АНГС РЧ. Кожен оператор відповідно до специфіки своєї роботи може сформувати власний список карт, які з наявних у пам'яті системи він використовує частіше.

Реалізація методу побудови картографічного фону забезпечується введенням додаткового прикладного рівня між БКД і засобами роботи користувача з БКД. Реалізація цього рівня керування досягається сполученням взаємодії трьох блоків:

– блока взаємодії з БКД, за допомогою якого відбувається безпосередній зв'язок з картографічними даними, що містяться в БКД;

– блока побудови карти, за допомогою якого будуються карти на екрані;

– блока керування, який керує блоком взаємодії з БКД і блоком побудови карти та контролює виконання і видачу інформації.

Блок містить таблицю файлів, що зберігає інформацію про побудовані та збережені карти в окремих файлах картографічних даних, тобто про стан наповнення буферної пам'яті карт. Таблиця складається з чотирьох полів (стовпців):

1) адресація в БКД, де зберігаються дані про зчитані записи з БКД;

2) ім'я файлу, в якому міститься інформація про збережену карту;

3) розмір файлу – поле необхідне для механізму заповнення БПК;

4) адресація в ПЗП – вказівник на початок області пам'яті, в якій міститься збережений файл карти.

Робота методу полягає в тому, що при перетинній побудові картографічного фону, де він зберігається в послідовності окремих файлів, дані про які заносяться в таблицю файлів і в БПК. Під час наступного формування зображення карт спочатку проглядається таблиця файлів і, якщо в ній містяться дані про те, що ця карта вже зчитувалася з БКД, повторна її побудова здійснюється вже з БПК.

Взаємодія цих блоків забезпечує вибір необхідних картографічних даних із файлів БКД і відображення картографічного фону на екрані з одночасним збереженням його в послідовності окремих зовнішніх файлів так, що у разі наступних звертань до картографічних даних (запити на вибірку даних, побудова тематичних карт і т.д.) вибірка картографічних даних здійснюється з цієї послідовності без звертання в БКД.

Модульно-ієрархічна структура засобів взаємодії БКД складається з трьох рівнів.

Нижнім рівнем є рівень 1 (рівень даних), що являє собою БКД та складається з файлів картографічних даних і системи керування БКД. Вище розташований рівень 2 (рівень керування) реалізує технологію зовнішнього збереження картографічної інформації з бази даних.

На верхньому рівні 3 (рівні додатків) знаходяться додатки, що реалізують засоби й інструменти, інтерфейси, за допомогою яких здійснюється керування даними, виконання запитів до даних і безпосередня взаємодія даних з користувачем.

Рівень 1 як ядро БКД, використовує схему реляційної бази даних, що являє собою інтегроване сховище даних і включає такі структурні елементи:

- покриття;
- растри;
- топологію;
- геометричну мережу;
- шейп-файли;
- ґриди;
- набори метаданих;
- набори геодезичних даних;
- класи відносин;
- класи просторових об'єктів;
- растрові та векторні атирибутивні таблиці,

що об'єднані у взаємозалежні файли даних.

Рівень 2 реалізує технологію зовнішнього збереження картографічної інформації, що вибираються з бази даних, у вигляді електронної карти та здійснює прямий доступ до карти без звертання до бази, коли це непотрібно. Функціонування рівня забезпечується трьома взаємодіючими блоками, які описані раніше.

Рівень 3 являє собою:

– програмні користувальницькі додатки, що використовуються для організації БКД шляхом розміщення папок і файлів даних при побудові БКД, для збереження просторових даних, керування структурою бази даних і даними в БКД;

– інтерфейси користувача з убудованими функціями, панелями інструментів для доступу до картографічних даних, їхнього запису і перегляду, виконання запитів над ними.

На основі запропонованого методу побудова картографічного фону зорового образу динамічної сцени на екрані виконується таким чином.

Під час первинної побудови картографічного фону протягом циклу функціонування АНГС РЧ на запити користувача, що

надійшли через рівень додатків у блок керування рівнем керування, створюються керуючі команди в блок взаємодії з БКД, який відповідно до запиту через системи керування базою даних вибирає необхідні дані з файлів даних БКД і передає їх назад у блок керування.

У свою чергу, блок керування відправляє їх у блок побудови карти, що формує і відображає картографічний фон на екран з одночасним збереженням його у вигляді послідовності файлів. Цей процес продовжується до повної побудови необхідної ділянки картографічного фону з БКД і його збереження в окремій ділянці пам'яті (БПК).

У разі наступних звертань до картографічних даних (запити на вибірку даних, побудова тематичних карт і т.д.) за запитом користувача, що надійшли через рівень додатків, створюються керуючі команди в блок керування рівнем керування, що перевіряє, чи вибиралися запитувані дані.

Якщо дані вибиралися з БКД, то керуючі команди передаються блоком керування в блок побудови карти і дані вибираються з БПК, не звертаючись до в БКД. Якщо дані не вибиралися з БКД, то керуючі команди відправляються в блок взаємодії з БКД і дані вибираються з БКД із наступною їхньою передачею в блок побудови карти і збереженням їх у БПК.

У результаті досліджень визначено, що найкращою організацією БКД для АНГС РЧ є БКД, що складається з файлів, структура яких заснована на деревах розбиття, що забезпечують мінімальні значення часу пошуку запису у файлі БКД.

Відповідно до запропонованого методу побудови картографічного фону часові витрати на первинну побудову карти в рамках зорового образу динамічної сцени з використанням методу, заснованого на застосуванні технології зовнішнього збереження карти для побудови БКД, здійснюється за час  $T$ :

$$T = (t_{\text{зап.БКД}} + t_{\text{від}})M; \quad (1)$$

$$t_{\text{зап.БКД}} = \sum_{r=1}^m \sum_{j=1}^{l-1} (\log_b(r+1)t_0 + jt_1) p_{(r-1)l+j},$$

де  $t_{\text{зап.БКД}}$  – час пошуку запису в файлі бази даних геоінформаційної системи для деревоподібних структур;

$t_{\text{від}}$  – час відображення даних;

$M$  – кількість об'єктів відображуваної карти;

$m$  – кількість блоків;

$r$  – номер блоку;

$l$  – кількість записів в блоці;

$b$  – вигляд дерева розбиття (для двійкового дерева  $b = 2$ );

$t_0$  – час пошуку блоку;

$j$  – номер запису в файлі бази даних;

$t_1$  – час пошуку запису в блоці;

$p_{(r-1)l+j}$  – ймовірність звертання к запису файлу бази даних.

При цьому кожна повторна побудова картографічного фону з БКД буде виконуватися за час  $T$ .

Відповідно до запропонованого методу побудови картографічного фону при наступних звертаннях до даних побудованої карти виконується звертання на в БКД, а у файли побудованої карти, тому побудова картографічного фону виконується за час  $T_{\phi}$ :

$$T_{\phi} = (t_{\text{звПЗП}} + t_{\text{від}})M + t_{\text{пош}}, \quad (2)$$

де  $t_{\text{звПЗП}}$  – час доступу до комірки ПЗП;

$t_{\text{пош}}$  – час, що витрачається на пошук файлу в таблиці файлів.

Таблиця файлів зберігає інформацію про те, що карта вже відображалася і вона збережена в БПК.

Під час робочого циклу функціонування АНГС РЧ часто виникають ситуації, коли необхідно почергово відображати на екрані кілька карт.

Час, що витрачається системою на відображення картографічного фону, дорівнює:

$$t_{\text{від.к}} = (t_{\text{зап.БКД}} + t_{\text{від}})MN = TN. \quad (3)$$

де  $N$  – кількість відображуваних карт.

При цьому сама карта з  $N$  може бути відображена повторно. Відповідно до запропонованого методу побудови картографічного фону час  $t_{\text{від.к}}$  можна скоротити, і тоді час, що витрачається системою на відображення картографічного фону, розраховується так:

$$t_{\text{від.к}} = Nt_i,$$

де  $t_i$  – час відображення кожної карти.

Оскільки карта, що відображається, може знаходитися як у БКД, так і в БПК, то час відображення карти визначають за такими формулами:

– якщо карта відображається з БКД:

$$t_i = T_{\text{БД}}, \quad (4)$$

час розраховують за формулою (1);

– якщо карта відображається з БПК:

$$t_i = T_{\phi}, \quad (5)$$

час розраховують за формулою (2).

### Оцінка ефективності запропонованого методу

Проведемо оцінку часових витрат АНГС РЧ на відображення картографічного фону. Оцінку ефективності запропонованого методу побудови картографічного фону виконуємо на основі порівняння часу, що витрачається на побудову картографічного фону для двох випадків:

– використовується класичний метод побудови картографічного фону, у разі якого побудова фону щораз виконується безпосередньо з БКД;

– використовується запропонований метод побудови картографічного фону.

Розглянемо випадок функціонування АНГС РЧ за деякий проміжок часу ( $t_1, t_2$ ).

Нехай у БКД зберігається  $N$  карт, а кількість карт  $k$  використовується АНГС РЧ у проміжок часу ( $t_1, t_2$ ) і відображаються на екран.

Для першого випадку встановлено, що час, який витрачається на побудову картографічного фону в рамках відображуваного

зорового образу динамічної сцени, визначають за формулою (1). У випадку використання  $k$  карт за проміжок часу ( $t_1, t_2$ ), час визначають за формулою (3):

$$t_{\text{від.к}} = \sum_{i=1}^k t_i \quad (6)$$

Час відображення кожної карти  $t_i$  визначають за формулою (1).

У другому випадку відповідно до запропонованого методу побудови картографічного фону час, що витрачається на його побудову в рамках відображуваного зорового образу, час визначають за формулою (6).

Однак для цього випадку  $t_i$  визначають залежно від розміщення картографічних даних за формулами (4), (5)

В усіх трьох виразах (1), (4), (5) є спільний доданок  $t_{\text{від}} M$ , що має однакові значення в обох випадках, тому в розрахунках його опустимо і зробимо порівняння двох значень:

– час, що витрачається на побудову картографічного фону у разі використання класичного методу побудови картографічного фону:

$$t_{\text{від.к}} = \sum_{i=1}^k (t_{i_{\text{зап.БКД}}} M_i); \quad (7)$$

– час, що витрачається на побудову картографічного фону у випадку використання запропонованого методу:

$$t_{\text{від.к}} = \sum_{i=1}^k (t_{i_{\text{звПЗУ}}} M_i + t_{i_{\text{пош}}}). \quad (8)$$

Припустимо, що  $p_i$  – імовірність вибору для роботи і відображення на екран однієї з карт, що знаходиться в БКД, причому  $i = 1 \dots N$ .

Тоді час, що витрачається системою на відображення картографічного фону, визначають так:

$$t_{\text{від.к}} = k \sum_{i=1}^N (p_i t_i).$$

Для першого випадку  $t_i$  визначають за формулою (7). Установлено що як закон розподілу  $p_i$  для розглядуваної задачі найбільш вдалим є біноміальний закон.

Визначимо  $t_{\text{від.к}}$  з урахуванням того, що ймовірність звертання до запису файлу бази даних розподілена за нормальним законом, оскільки він є граничним законом, до якого наближаються за певних умов інші закони розподілу, і він найчастіше зустрічається на практиці.

Для прикладу розглянемо випадки побудови карт, що складаються з різного числа об'єктів.

Для другого випадку  $t_i$  визначають або за формулою (7), або за формулою (8) залежно від розміщення картографічних даних.

Припустимо, що відомо відсоток  $X$  (відносно загального числа карт) карт, найчастіше використовуваних оператором у проміжку часу ( $t_1, t_2$ ).

Оскільки  $X$  – це відсоток найчастіше використовуваних карт, тоді ймовірність того, що карта, обрана для відображення в системі, вибирається з раніше побудованих і збережених у послідовності файлів карт:

$$p_{i\phi} = p_i X,$$

а ймовірність того, що карта, обрана для відображення в системі, зчитується з БКД, дорівнює:

$$p_{i\text{БКД}} = p_i (1 - X).$$

Повний цикл доступу до випадкового осередку сучасних ПЗП становить приблизно 50 нс.

Для визначення часу, що витрачається на побудову картографічного фону, розроблене відповідне програмне забезпечення «VREMJA POSTROENIJA KARTU».

Час розраховують залежно від:

- кількості карт, що відображаються;
- кількості об'єктів, що відображаються на карті;

- кількості записів у файлі БКД;
- кількості блоків у файлі БКД.

Результати розрахунків наведено в таблиці.

За отриманими результатами розрахунків видно, що незалежно від кількості об'єктів карти, кількості записів у БКД і кількості карт БКД застосування запропонованого методу прискореної побудови картографічного фону під час відображення зорового образу динамічної обстановки в АНГС РЧ скорочує час, що необхідний на побудову і відображення картографічного фону в два рази.

### Висновки

Запропоновано метод прискореної побудови картографічного фону, згідно з яким у разі первинної побудови фону на екрані здійснюється процедура вибору необхідного масиву картографічних даних із БКД і процедура перетворення цих даних у послідовність файлів. У разі наступних змін фону передбачається вибирання картографічних даних із цієї послідовності файлів, що скорочує кількість звернень безпосередньо в БКД і скорочує час побудови картографічного фону для окремих задач у два рази.

### Середні значення часів, що витрачаються на побудову картографічного фону АНГС РЧ

Кількість карт використуваних у проміжок часу ( $t_1, t_2$ )	Побудова карт фону з використанням, мс		$\frac{t_{\text{від.к}}}{t_{\text{від.кБПК}}}$
	стандартної БКД $t_{\text{від.к}}$	БПК $t_{\text{від.кБПК}}$	
Максимальна кількість об'єктів карти – 1 000, записів у БКД – 10 000, блоків у БКД – 50, кількість карт у БКД – 10			
3	6,4	3,3	1,93
5	10,7	5,5	1,95
7	15	7,7	1,95
Максимальна кількість об'єктів карти – 5 000, записів у БКД – 50 000, блоків у БКД – 200, кількість карт у БКД – 50			
15	1	0,52	1,92
25	1,8	0,89	1,96
35	2,5	1,23	2,03
Максимальна кількість об'єктів карти – 10 000, записів у БКД – 100 000, блоків у БКД – 500, кількість карт у БКД – 100			
25	5,6	2,82	1,98
50	11	5,6	1,96
75	17	8,5	2

## Література

1. *Васюхин М.И.* Алгоритмические и программно-аппаратные методы и средства построения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия: дис. на стиск. степ. д-р. техн. наук: 05.13.13 / М.И. Васюхин. – К., 2002. – 472 с.
2. *Смолий В.В.* Методы и средства синтеза и отображения динамических объектов (для центров оперативного управления): дис. на стиск. степ. канд. техн. наук: 05.13.13 / В.В. Смолий. – К.: Институт кибернетики НАН Украины, 2001. – 176 с.
3. *Borodin V.A.* Organization of Software for Dynamic Scenes Visualization and Analysis in Real-Time Geoinformation Complexes / V.A Borodin // *Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS-2008) Proceedings*. – Kyiv, 2008. – P. 314–316.
4. *Проблемы* построения динамических сцен, выводимых на экран геоинформационных комплексов реального времени / М.И. Васюхин, С.М. Креденцар, А.А. Пономарев, В.В. Смолий // *Вестник ХГТУ*, 2006. – № 1. – С. 11–16.
5. *Загайнов И.Г.* Динамическое построение фонового изображения для уменьшения потока данных в системах кодирования подвижных изображений / И.Г. Загайнов // *Электронный журнал «Исследовано в России»*. – 1999. – С. 1–7. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/1999/046.pdf>.
6. *Автоматизированная система УВД*: руководство по эксплуатации для системного администратора. – НПП «Аэротехника». – 2004. – 109 с.
7. *Лукьянчикова О.Г.* Геоинформационная система автомобильных дорог Самарской области / О.Г. Лукьянчикова, Ф.Ю. Васильчиков, Л.К. Ульянкина // *ARCREVIEW* (современные геоинформационные технологии). – 2006. – № 1(36). – С. 10–11.
8. *Геоинформационная система мониторинга океана и атмосферы* / Е.Л. Подопривора, Т.С. Чистяков, В.А. Хованец, М.С. Пермяков // *Электронный журнал «Исследовано в России»*. – 2003. – № 128. – С. 1517–1526. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/128.pdf>.
9. *Розенберг И.Н.* Геоинформационная система OBJECTLAND / И.Н. Розенберг, Д.С. Святков, С.А. Гитис // *Перспективные информационные технологии*. – 2000. – № 3. – С. 119–123.

Стаття надійшла до редакції 02.11.10.