

УДК 004.932.75

В.А. Бородін, к.т.н., доц.
С.М. Креденцар, асист.**МЕТОДИКА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ
МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ЗОРОВОГО ОБРАЗУ ДИНАМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ**

Запропоновано методику вибору оптимального складу методів, що забезпечують побудову зорового образу динамічної обстановки на екранах аеронавігаційних геоінформаційних систем реального часу, основу на розрахунок оптимального відсотка використання кожного з двох методів. Розрахунок оптимального відсотка виконано зведенням цієї задачі до задачі лінійного програмування. Наведено розрахунок оптимального складу методів, що забезпечують побудову зорового образу динамічної обстановки, для конкретного прикладу.

In work is offered the methods of the choice of the most optimum combination of the methods which provides the building of the visual image of the dynamic scenes on the displays of real-time ANGS, which defines the optimal percent of the use for each of m software programs, that are in complex, n methods, optimizing velocity of the image of the visual image. The calculation of the ratio is carried out using the details of this problem to the linear programming problem. In work is offered the calculation of the optimum methods for building a visual image of a dynamic scenes for a specific task.

аеронавігаційна геоінформаційна система реального часу, динамічна обстановка, зоровий образ, метод**Постановка проблеми**

В аеронавігаційних геоінформаційних системах реального часу (АНГС РЧ) повітряна обстановка являє собою зоровий образ динамічної сцени, який відтворює на екрані реальну створену ситуацію в теперішньому часі й включає для повного відтворення цієї ситуації відображення переміщення спостережуваних об'єктів і ситуацію навколо них (картографічний фон, стандартні топографічні об'єкти, нерухомі об'єкти, об'єкти, переміщення яких незначне порівняно зі спостережуваним об'єктом, але яке потребує обов'язкового відображення для найбільш реалістичного відтворення цієї ситуації) [1–4].

Аналіз літератури

Побудові зорових образів динамічної сцени в АНГС РЧ на сьогодні присвячено невелику кількість робіт [1–4]. Але методи розв'язання задачі відображення динамічної складової зорового образу потребують обмежень, пов'язаних із типами використовуваних символів динамічних об'єктів, зі швидкостями відображення переміщень символів реальних об'єктів.

До таких методів належать:

- метод базових матриць;
- метод переміщення, орієнтації й відображення на екрані символу під час його руху за заданим маршрутом;
- метод реперних точок;
- методи прискореного представлення й аналізу динамічної обстановки в реальному часі й інші методи в роботах [1–3; 5; 9], а також патенти й авторські свідоцтва [6–8].

Формулювання задач дослідження

За результатами аналізу переважної більшості робіт за цією темою можна зробити висновок, що вирішальну роль відображення інформації відіграє метод відображення символів.

Часто виникають ситуації, коли одного методу для відображення переміщень символу недостатньо й набагато раціональніше було б використовувати для різних випадків різні методи, які відрізняються за швидкістю здійснення еволюцій, за типом використовуваної пам'яті і т.д.

Зокрема, поворот зображення можна здійснювати:

- за методом базових матриць [2];
- методом синусно-косинусних перетворень [2];
- за програмним методом повороту складного символу [9; 10].

У цьому випадку виникає проблема визначення того, в якому відсотковому співвідношенні слід використовувати ці методи.

Мета роботи – створення методики оптимального вибору складу методів, що забезпечують побудову зорового образу динамічної обстановки на екранах АНГС РЧ.

Основна частина

Для побудови зорового образу динамічної сцени запропоновано використовувати модель процесу побудови зорових образів динамічної сцени в АНГС РЧ [11]. Згідно з цією моделлю зоровий образ можна подати двома моделями:

- моделлю процесу побудови картографічного фону;
- моделлю процесу представлення рухомих об'єктів.

Модель побудови картографічного фону має такий вигляд:

$$MOD_{к.ф} = \left\langle MOD_{к.ф}^T, MOD_{к.ф}^G, MOD_{к.ф}^P, H_r^{MOD_{к.ф}}, L_c, At^L, H_z^{lc}, H_z^{IA}, f_{MOD_{к.ф}}^{Hz}, f_L^{Hz}, f_{LA}^{Hz}, f_C^C \right\rangle,$$

де $MOD_{к.ф}^T$ – тематична модель картографічних даних;

$MOD_{к.ф}^G$ – графічна модель побудови картографічних даних;

$MOD_{к.ф}^P$ – просторова модель картографічних даних;

$H_r^{MOD_{к.ф}}$ – характеристики інфологічної моделі КБД: тип використовуваної проекції, тип карти, масштаби й т.п.;

L_c – сукупність картографічних зв'язків між тематичними, просторовими й графічними даними;

At^L – атрибути картографічних зв'язків;

H_z^{lc}, H_z^{IA} – набори інтегральних характеристик відповідно картографічних зв'язків і їх атрибутів;

$f_{MOD_{к.ф}}^{Hz}$ – відображення, що задає характеристики інфологічної моделі;

f_L^{Hz}, f_{LA}^{Hz} – відображення, що визначають відповідно взаємозв'язки між картографічними зв'язками, їх атрибутами й конкретними наборами інтегральних характеристик;

f_C^C – відображення, що визначає співвідношення між класами об'єктів, що наявні у картографічних зв'язках.

Модель процесу представлення рухомих об'єктів має вигляд:

$$MOD_{р.о} = \langle MOD_{г.о}, MOD_{к.о} \rangle,$$

де

$MOD_{г.о}$ – геометричний опис рухомого об'єкта;

$MOD_{г.о} = \{F_1 \dots F_N; S_{до}^g; S_1^{до} \dots S_N^{до}; C\};$

$F_1 \dots F_N$ – рівняння графічних примітивів;

$S_{до}^g$ – параметри системи координат рухомого об'єкта;

$S_1^{до} \dots S_N^{до}$ – параметри систем координат графічних примітивів;

C – матриця зв'язності;

$MOD_{к.о}$ – класифікаційний опис рухомого об'єкта:

$MOD_{к.о} = \{L_c, S_x, S_y, S_z, d_x, d_y, d_z\};$

$L_c = \{\{ГП_1, ГП_3 \dots\}_1, \dots, \{ГП_{10}, ГП_{15} \dots\}_d, \dots,$

$\{ГП_{14}, ГП_{25} \dots\}_D\}$ – класифікаційний список графічних примітивів кожного домену;

S_x, S_y, S_z – розміри оболонки по осях X, Y і Z відповідно;

d_x, d_y, d_z – розміри домену оболонки по осях X, Y і Z відповідно.

Для організації зорового образу динамічної сцени й роботи з цими моделями застосовують множину інструментів, засобів і методів P , наприклад:

$P1$ – множина засобів для створення шарів картографічного фону (стандартних географічних шарів і тематичних карт);

$P2$ – множина засобів для створення динамічних шарів, у яких відображається динаміка;

$P3$ – множина засобів для відображення шарів картографічного фону;

$P4$ – множина засобів для відображення динамічних шарів;

$P5$ – множина засобів для роботи із шарами, керування й аналізу даних на картографічному фоні;

$P6$ – множина засобів для роботи з динамічними шарами, керування й аналізу даних у динамічних шарах.

Згідно з описаними розподілами програмних засобів, є непересічне розбиття множини програмних засобів на шість частин.

Для більшості комплексів, працюючих у реальному часі, критично найважливішим параметром є швидкість функціонування комплексу або час виконання повного циклу його роботи.

Отже, метою оптимізації буде максимізація швидкості функціонування АНГС РЧ у режимі відображення реальної обстановки. Оцінимо швидкість відображення зорового образу динамічної обстановки на екрані АНГС РЧ або швидкість виконання підпрограм кожного із запропонованих модулів.

Для розв'язання задачі визначення методики оптимального вибору складу методів, що забезпечують побудову зорового образу динамічної обстановки на екранах АНГС РЧ використано метод лінійного програмування.

Позначимо:

- площу екрана S (у пікселях);
- площу одного символу s (у пікселях);
- кількість символів, яку треба створити для зберігання в комплексі, k_1 ;
- кількість символів, які треба відтворити на екрані, k_2 ;
- кількість символів, які необхідно обробити, k_3 ;
- кількість шарів, яку треба створити для зберігання в комплексі, l_1 ;
- кількість шарів, які треба відтворити на екрані, l_2 ;
- кількість шарів, які необхідно обробити, l_3 .

Для кожного відображуваного символу (символів) і шару позначимо кількість відносного виконання програмних засобів які відповідно позначають кількість використань методу А стосовно загальної кількості операцій:

- першої частини x_1 ;
- другої частини x_2 ;
- третьої частини x_3 ;
- четвертої частини x_4 ;
- п'ятої частини x_5 ;
- шостої частини x_6 .

Аналогічно позначимо кількості відносного виконання програмних засобів для методу В:

- першої частини y_1 ;
- другої частини y_2 ;
- третьої частини y_3 ;
- четвертої частини y_4 ;
- п'ятої частини y_5 ;
- шостої частини y_6 .

При цьому виконуються умови:

$$\begin{aligned}x_1 + y_1 &= 1; \\x_2 + y_2 &= 1; \\x_3 + y_3 &= 1; \\x_4 + y_4 &= 1; \\x_5 + y_5 &= 1; \\x_6 + y_6 &= 1.\end{aligned}$$

Позначимо:

- швидкість виконання програми Р1 за методом А через v_1 ;
- швидкість виконання програми за методом Б через v_2^* , виконання програми Р2 за методом А через v_2 ;

- швидкість виконання програми за методом Б через v_2^* ;
- час виконання операції для програми Р3 через v_3 і v_3^* ;
- час виконання операції для програми Р4 через v_4 і v_4^* ;
- час виконання операції для програми Р5 через v_5 і v_5^* ;
- час виконання операції для програми Р6 через v_6 і v_6^* .

Кількість пам'яті, яку використовують ці методи, буде визначена аналогічно:

$$Q_1 \text{ і } Q_1^*, Q_2 \text{ і } Q_2^*, \dots, Q_6 \text{ і } Q_6^*.$$

Таким чином, задача максимізації швидкості відображення зорового образу динамічної обстановки на екрані АНГС РЧ для картографічних шарів набуває формально-математичний вигляд:

$$l_1 S v_1 x_1 + l_1 S v_1^* (1 - x_1) + l_2 S v_3 x_3 + l_2 S v_3^* (1 - x_3) + \\ + l_3 S v_5 x_5 + l_3 S v_5^* (1 - x_5) \rightarrow \max,$$

а для обробки динамічних символів

$$k_1 s v_2 x_2 + k_1 s v_2^* (1 - x_2) + k_2 s v_4 x_4 + \\ + k_2 s v_4^* (1 - x_4) + k_3 s v_6 x_6 + k_3 s v_6^* (1 - x_6) \rightarrow \max. \quad (1)$$

Однак, слід урахувати, що оптимізація за швидкістю не повинна призводити до такого різкого погіршення якості, щоб динамічну сцену не можна було розібрати операторові комплексу. Крім того, зображення сцени має бути настільки ясним, щоб оператор розпізнавав динамічну сцену якнайшвидше.

За цих умов впливає таке обмеження на параметри

$$x_1, x_2, \dots, x_6: x_i \leq 1$$

для всіх $i = 1 \dots 6$, але $x_i \geq 0$.

Крім того, слід урахувати обмеження на використовуваний об'єм відеопам'яті. У цьому випадку, об'єм усієї використовуваної відеопам'яті для обробки шарів картографічної інформації, дорівнює

$$l_1 Q_1 x_1 + l_1 Q_1^* (1 - x_1) + l_2 Q_3 x_3 + l_2 Q_3^* (1 - x_3) + \\ + l_3 Q_5 x_5 + l_3 Q_5^* (1 - x_5) \leq R_1,$$

де

R_1 – наявний об'єм відеопам'яті в комплексі для обробки шарів картографічної інформації.

Для обробки динамічних зображень аналогічна умова така

$$k_1 Q_2 x_2 + k_1 Q_2^* (1 - x_2) + k_2 Q_4 x_4 + k_2 Q_4^* (1 - x_4) + k_3 Q_6 x_6 + k_3 Q_6^* (1 - x_6) \leq R_2,$$

де

R_2 – наявний об'єм відеопам'яті в комплексі для обробки динамічних символів.

При цьому

$$R_1 + R_2 \leq R,$$

де

R – наявний об'єм відеопам'яті в комплексі.

Розв'язання задачі за таких умов дозволяє визначити оптимальний відсоток використання кожного з наявних у комплексі методів для побудови зорового образу динамічної обстановки на екранах АНГС РЧ, оптимізуючи при цьому швидкість відображення цього зорового образу.

Цей підхід можна узагальнити й на випадок, коли в структурі програмних методів міститься m програмних засобів, для кожного з яких можна використовувати n методів.

У цьому випадку завдання оптимізації використання методів можна записати в компактному вигляді:

$$s \sum_{j=1}^m k_j \sum_{i=1}^n v_{ji} x_{ji} \rightarrow \max$$

за обмеженням

$$\sum_{j=1}^m k_j \sum_{i=1}^n Q_{ji} x_{ji} \leq R$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ji} = 1 \text{ для всіх } j=1..n,$$

де k_j – кількість об'єктів, які необхідно обробити на кожному рівні;

v_{ij} – швидкість i -го методу на j -му рівні;

x_{ij} – відсоток використання i -го методу на j -му рівні;

Q_{ij} – об'єм використовуваної пам'яті для i -го методу на j -му рівні.

У цьому випадку статичні й динамічні об'єкти можна розглядати однаково, оскільки для цього методу й статичні, і динамічні об'єкти використовують однакові характеристики.

Розглянемо цей підхід для двох методів, що виконують поворот складного символу об'єкта в загальній динамічній сцені переміщення й відображення цих символів об'єктів на екрані АНГС РЧ.

Візьмемо метод швидкого синусно-косинусного перетворення й метод базових матриць [1], позначимо їх через А і Б відповідно, і визначимо відсоток використання методу базових матриць та відсоток використання методу синусно-косинусних перетворень для виконання повороту символу об'єкта під час відображення поточної обстановки на екрані АНГС РЧ.

На початку розглянемо динамічну складову зорового образу динамічної сцени.

Завдання максимізації швидкості відображення зорового образу динамічної обстановки на екрані АНГС РЧ для динамічної складової має такий вигляд:

$$k_1 s v_2 x_2 + k_1 s v_2^* (1 - x_2) + k_2 s v_4 x_4 + \quad (2)$$

$$+ k_2 s v_4^* (1 - x_4) + k_3 s v_6 x_6 + k_3 s v_6^* (1 - x_6) \rightarrow \max$$

за обмеженням

$$k_1 Q_2 x_2 + k_1 Q_2^* (1 - x_2) + k_2 Q_4 x_4 + \quad (3)$$

$$+ k_2 Q_4^* (1 - x_4) + k_3 Q_6 x_6 + k_3 Q_6^* (1 - x_6) \leq R_2.$$

Винесемо за дужки у виразі (1) параметр s :

$$s^* (k_1 v_2 x_2 + k_1 v_2^* (1 - x_2) + k_2 v_4 x_4 + k_2 v_4^* (1 - x_4) + k_3 v_6 x_6 + k_3 v_6^* (1 - x_6)) \rightarrow \max. \quad (4)$$

З виразу (4) видно, що коли функція, яка знаходиться в дужках, буде наближатися до максимуму, то й вираз (2) також буде наближатися до максимуму. Тому надалі опустимо параметр s і будемо максимізувати функцію, що знаходиться в дужках у виразі (2).

Для розглянутих методів повороту визначимо значення параметрів

$$k_1 - k_3, Q_1 - Q_6, Q_1^* - Q_6^*, v_1 - v_6, v_1^* - v_6^*.$$

Виберемо найскладніший випадок, коли всі динамічні символи, збережені в пам'яті комплексу, необхідно відображати й обробляти, тоді

$$k_1 = k_2 = k_3.$$

Нехай для нашого прикладу кількість таких символів дорівнює 20.

Для розглянутих методів у разі обробки динамічних зображень першим методом А потрібна пам'ять 8·2500·32 біта для зберігання зображення одного символу й швидкість виконання операції буде 1 (одна операція), а для роботи за другим методом В потрібно 2500·32 біта за швидкості 5 (5 операцій), де 32 біта – колір, 2500 = 50·50 розмір символу.

Для статичної складової потрібна пам'ять 8·1024·768 біта для зберігання зображення одного символу й швидкість виконання операції буде 1 (одна операція), а для роботи за другим методом В потрібно 1024·768 біта за швидкості 5 (5 операцій), де 1024·768 розмір екрана.

Для виконання програмних засобів P5 і P6 буде використано пам'яті 1024·768 біта на кожний символ за швидкості 8 операцій для методу А і 1 операція для методу В, і 2500·32 біта на кожний символ за швидкості 8 операцій для методу А і 1 операція для методу В відповідно.

Для програмних засобів P2 і P1 буде використано пам'яті 2500·32 біт на кожний символ за швидкості 8 операцій для методу А і 1 операція для методу В, і 1024·768 біт на кожний символ за швидкості 8 операцій для методу А і 1 операція для методу В відповідно.

Отже, одержимо такі значення:

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 = v_5 = v_6 = 8, \\ v_1^* &= v_2^* = v_5^* = v_6^* = v_3 = v_4 = 1, \\ v_3^* &= v_4^* = 5, \\ Q_1 &= Q_5 = 8 \cdot 1024 \cdot 768 \cdot 32, \\ Q_2 &= Q_6 = 8 \cdot 2500 \cdot 32, \\ Q_3 &= Q_1^* = Q_5^* = 1024 \cdot 768 \cdot 32, \\ Q_4 &= Q_2^* = Q_6^* = 2500 \cdot 32, \\ Q_3^* &= 5 \cdot 1024 \cdot 768 \cdot 32, \\ Q_4^* &= 5 \cdot 2500 \cdot 32. \end{aligned}$$

Проведемо розрахунок відеопам'яті, яка використовується програмним забезпеченням АНГС РЧ для відображення зорового образу. Об'єми сучасних відеокарт досягають 1 ГБ. Візьмемо відеокарту Geforce 800 з об'ємом пам'яті 1 ГБ, тобто $R_1 + R_2 \leq R \leq 1$ ГБ.

Нехай площа екрана (у пікселях)

$$S = 1024 \times 768,$$

а площа одного символу

$$s = 50 \times 50.$$

Оскільки співвідношення кількості відеопам'яті, використовуваної одночасно для роботи з динамічними й статичними символами визначається площею їх відеозображень, то для визначення значень R_1 і R_2 можна використовувати нескладну систему рівнянь:

$$\begin{cases} R_1 + R_2 \leq 1 \text{ ГБ} \\ \frac{R_1}{R_2} = \frac{S}{20^* s} \end{cases} \quad (5)$$

Розв'язавши систему рівнянь (5), одержимо

$$R_1 \leq 940,5 \text{ МБ}, \quad R_2 \leq 59,5 \text{ МБ}.$$

Підставивши значення швидкостей і об'ємів пам'яті у виразі (2), (3) одержимо функцію

$$140x_2 - 80x_4 + 140x_6 + 140 \rightarrow \max \quad (6)$$

за обмеженням

$$7x_2 + 3x_4 + 7x_6 \leq 30,2. \quad (7)$$

Розглянемо статичну складову зорового образу динамічної сцени. Завдання максимізації швидкості відображення зорового образу динамічної обстановки на екрані АНГС РЧ для статичної складової має такий вигляд:

$$l_1 S v_1 x_1 + l_1 S v_1^* (1 - x_1) + l_2 S v_3 x_3 + \quad (8)$$

$$+ l_2 S v_3^* (1 - x_3) + l_3 S v_5 x_5 + l_3 S v_5^* (1 - x_5) \rightarrow \max$$

за обмеженням

$$l_1 Q_1 x_1 + l_1 Q_1^* (1 - x_1) + l_2 Q_3 x_3 + \quad (9)$$

$$+ l_2 Q_3^* (1 - x_3) + l_3 Q_5 x_5 + l_3 Q_5^* (1 - x_5) \leq R_1.$$

Винесемо за дужки у виразі (7) параметр S:

$$S^* (l_1 v_1 x_1 + l_1 v_1^* (1 - x_1) + l_2 v_3 x_3 + \quad (10)$$

$$+ l_2 v_3^* (1 - x_3) + l_3 v_5 x_5 + l_3 v_5^* (1 - x_5)) \rightarrow \max.$$

Як і для динамічної складової, вилучимо параметр S і будемо максимізувати функцію, що знаходиться в дужках у виразі (10).

Виберемо найскладніший випадок, коли всі картографічні шари, збережені в пам'яті комплексу, необхідно відображати й обробляти, тоді $l_1 = l_2 = l_3$. Нехай для нашого прикладу таких шарів 8 (7 картографічних шарів:

- рельєф;
- гідрографія;
- населені пункти;
- дороги;
- рослинність;
- промислові й соціально-культурні об'єкти;
- границі;
- динамічний шар, в якому відображається переміщення символів об'єктів).

Підставивши значення швидкостей і об'ємів пам'яті у виразі (8), (9) одержимо функцію:

$$49x_1 - 28x_3 + 49x_5 + 49 \rightarrow \max \quad (11)$$

за обмеження

$$7x_1 - 4x_3 + 7x_5 \leq 1,7. \quad (12)$$

Розв'язавши задачі (6) з обмеженнями (7) і (11) з обмеженнями (12) симплекс-методом, одержимо значення $x_1 - x_6$:

$$x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = 0,425, x_4 = 0, x_5 = 0, x_6 = 1.$$

Таким чином, у задачі щодо розробки програмного забезпечення для АНГС РЧ ефективним буде використання комбінації методів синусно-косинусних перетворень і базових матриць:

– у програмному компоненті P1 необхідно шари картографічного фону виконувати на 100 % за методом базових матриць;

– у програмному компоненті P2 необхідно динамічні шари виконувати на 100 % за методом синусно-косинусних перетворень;

– у програмному компоненті Р3 для відображення шару картографічного фону використовувати на 42,5 % метод синусно-косинусних перетворень і на 57,5 % метод базових матриць;
 – у програмному компоненті Р4 для відображення динамічних шарів використовувати на 100 % за метод базових матриць;
 – у програмному компоненті Р5 використовувати на 100 % метод базових матриць;
 – у програмному компоненті Р6 необхідно використовувати на 100 % метод синусно-косинусних перетворень.

Висновки

Запропоновано методику вибору оптимального складу методів, що забезпечують побудову зорового образу динамічної обстановки на екранах АНГС РЧ. Показано, як розв'язок цієї задачі оптимізації зводиться до розв'язку задачі лінійного програмування. Наведено розв'язок цієї задачі для конкретного випадку використання для побудови зорового образу динамічної обстановки методу синусно-косинусного перетворення й методу базової матриці. Отримані результати розв'язку задачі дали можливість зробити висновок про оптимальну комбінацію розглянутих методів для побудови зорового образу.

Література

1. *Васюхин М.И.* Алгоритмические и программно-аппаратные методы и средства построения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия: дис. д-ра. 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. к-та техн. наук: 05.13.13 / В.В. Смолий / Институт кибернетики НАН Украины. – К., 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) Proc.* – Kiev, 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. *Васюхин М.И.* Исследование и выбор рациональных способов организации движения сложного символа на фоне статического изображения / М. И. Васюхин // *Методы и средства повышения эффективности систем управления.* – К.: ИК АН УССР, 1987. – С. 64–69.
6. *Патент* України №35189, МКИ G06K 9/36. Спосіб повороту зображення зі збереженням об'єму інформації / Г.Л. Лисенко, В.А.Суприган, В.А. Карпунь (Україна). – № 99094878; Заявлено 01.09.1999; Опубл. 15.03.2001, Бюл. №2, 2001 р.- 5с.
7. *Патент* України № 21438, МПК (2006) G06F 15/00 G06K 9/36. Пристрій для повороту зображень на екрані растрового графічного дисплею / Є.О. Башков, С.А. Зорі (Україна). – № 94076441; Заявлено 29.07.1994; Опубл. 02.12.1997. – 10 с.
8. *Патент* України № 18488, МПК G06F 7/548. Пристрій для обчислення швидких геометричних перетворень / В.М.Гусятін, В.О.Горбачов, Б.Д. Лібероль (Україна). – № 4908032; Заявлено 04.02.1991; Опубл. 25.12.1997, Бюл. №2, 1997. – 15 с.
9. *Бородин В.А.* Быстрый метод поворота растрового изображения сложного символа, выводимого на экраны комплексов реального времени / В.А. Бородин // *Математичні машини і системи.* – 2004, № 2. – С. 54–60.
10. *Васюхин М.И.* Метод ускоренного поворота сложного символа при построении динамической зрительной сцены в аэронавигационных геоинформационных системах реального времени / М.И. Васюхин, О.И. Капштык, С.М. Креденцар // *Вестник Херсонского национального технического университета.* – 2008. – № 30. – С. 281–287.
11. *Васюхин М.И.* Модель процесса построения динамической сцены в аэронавигационных геоинформационных системах реального времени / М.И. Васюхин, В.Д. Гулевец, С.М. Креденцар // *Сб. науч. тр. Донец. гос. техн. ун-та // Донецк: ДНТУ.* – 2008. – № 9 (132). – С. 119–125.

Стаття надійшла до редакції 02.04.09.