УДК 681.34
DOI: 10.31673/2409-7292.2018.041721

В.Д. Козюра, В.І. Степаненко, В.О. Хорошко

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВПЛИВУ ПЕРЕШКОД НА ВІДЕОІНФОРМАЦІЮ, ЩО НАДХОДИТЬ З БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

В статті розглянуто питання підвищення достовірності відеоінформації та оцінки ефективності і захищеності від перешкод систем відеоконтролю БПЛА ще на етапі їх проектування. Розкрито та деталізовано узагальнений методологічний підхід до моделювання перешкод з різними законами розподілу, інтенсивністю і законом дії на зображення. Наведено конкретні приклади моделювання перешкод, розподілених за різними законами. Надані рекомендації щодо побудові відповідної програми визначення параметрів закону розподілення

Ключові слова: відеоінформація, моделювання випадкових величин, моделювання перешкод, БПЛА.

Вступ. В даний час широкий розвиток отримали методи розпізнавання об'єктів за допомогою засобів обчислювальної техніки (одноплатні мікроЕОМ, однокристальні мікроЕОМ і т.п.) в умовах дії перешкод при використанні безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1]. При цьому, в сучасних збройних конфліктах зростає роль завоювання пріоритету в інформаційному і повітряному просторі. Цьому сприяє застосування мобільних і недорогих БПЛА. Слід зазначити, що їх ефективність істотно залежить від якості відеоінформації, яка в реальному масштабі часу формується і передається на пульт оператора. Однак практика застосування БПЛА в локальних конфліктах показує, що питання боротьби з перешкодами залишаються до кінця не вирішеними [2, 3]. Це пояснюється тим, що обмежені ресурси безпілотників істотно впливають на характеристики як системи відеоспостереження, так і радіоканалу. Тому на практиці необхідно обробляти складну відеоінформацію на рецепторному полі, що складається із зображень об'єктів різних контурів. У зв'язку з цим, завдання відновлення зображення об'єкта, що є цікавим на тлі інших об'єктів і зокрема на тлі перешкод для розпізнавання, є актуальним.

Динамічна зміна зовнішньої обстановки пред'являє жорсткі вимоги щодо оперативності, точності і достовірності до отримання інформації і її передачі, а інтенсивний вплив з боку супротивника з метою спотворення, пошкодження або знищення відеоінформації може нівелювати всі переваги безпілотників [2, 3]. Тому розробка і моделювання, на етапі проектування цифрових систем відеоконтролю БПЛА дозволить оцінити їх ефективність і захищеність від перешкод в умовах експлуатації з урахуванням всіх можливих ситуацій використання як при відсутності перешкод, так і при їх наявності.

Основна частина. Завдання попередньої обробки зображень, такі як фільтрація, виділення об'єктів на тлі шуму і перешкод вимагає детального аналізу перешкод різної структури. Це диктує необхідність моделювання перешкод з різними законами розподілу, інтенсивністю і законом дії на зображення [4, 5].

Рецепторне поле надано у вигляді матриці

$$\mathrm{R} = \begin{Vmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \cdots & z_{2n} \\ z_{31} & z_{32} & z_{33} & \cdots & z_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ z_{n1} & z_{n2} & z_{n3} & \cdots & z_{nn} \end{Vmatrix}. \tag{1}$$

Зображення Z на рецепторному полі представимо матрицею

$$\mathrm{Z} = \begin{Vmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \cdots & z_{2n} \\ z_{31} & z_{32} & z_{33} & \cdots & z_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ z_{n1} & z_{n2} & z_{n3} & \cdots & z_{nn} \end{Vmatrix}, \tag{2}$$

де $z_{ij} \in L = \{l_0, l_1, l_2, \dots\ l_{m-1}\}$ - деякий алфавіт.

Перешкоду опишемо матрицею

$$\rho = \begin{Vmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \rho_{13} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \rho_{23} & \cdots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & \rho_{33} & \cdots & \rho_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n4} & \cdots & \rho_{nn} \end{Vmatrix} \tag{3}$$

де $\rho = \quad \lg_l \in L$

Нехай F - деяка функція, F_1: ρ x z → R, яку будемо називати функцією дії перешкоди q на зображення Z, а пара (ρ, F) характеризує перешкоду.

Таким чином, завдання моделювання перешкод на зображення, представлене на рецепторному полі складається в конструктивному визначенні пари (ρ, F).

1. Розглянемо приклади деяких функцій дії F.

Нехай $L = \{0,1\}$

а) F_1 – логічне додавання, тобто елемент матриці R, як результат виконання операцій над відповідними елементами матриць z и ρ, що визначаються як:

$$z_{ij} = \begin{cases} 0, \quad \text{якщо} \quad z_{ij} = \rho_{ij} = 0, \\ \hline 1 - \text{ в іншому випадку}. \end{cases} \tag{4}$$

б) F_2 – додавання по модулю 2, елементи матриці визначаються наступним чином

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, \quad \text{якщо} \quad z_{ij} = 1, \quad \text{або } \rho_{ij} = 1, \\ \hline 0 - \text{ в іншому випадку}. \end{cases} \tag{5}$$

Функції дії F_1 можна надати наступну фізичну інтерпретацію. На деякий фон (перешкоди) накладаються зображення об’єкта, що нас цікавить.

2. Розглянемо приклади, що узагальнюють попередні.

Нехай $L_m = L(0, m) = \{0,1,2, m, m-1\}$:

а) функція $F_1(L_m)$ визначається наступним чином:

$$z_{ij} = \begin{cases} S_{ij} + z_{ij}, \quad \text{якщо} \quad S_{ij} + z_{ij} \le m \\ \hline m, \quad \text{якщо} \quad S_{ij} + z_{ij} > m \end{cases}, \tag{6}$$

або в більш загальній формі

$$F_2(L_m): z_{ij} = \left\{ \begin{matrix} S_{ij} + z_{ij}, \text{якщо } S_{ij} + z_{ij} \le t, \\ \hline m, \text{якщо } \rho_{ij} + z_{ij} > t, \end{matrix} \right\} \text{ де } 0 < t \le m; \tag{7}$$

б) $F_3(L_m): \; z_{ij} = mod(\rho_{ij} + z_{ij})$ –сумування по модулю m;

$$\text{в) } F_4(L_m): z_{ij} = \left\{ \begin{matrix} z_{ij} - \rho_{ij}, \text{якщо } z_{ij} \ge \rho_{ij}, \\ \hline 0, \text{якщо} + z_{ij} < \rho_{ij}, \end{matrix} \right\} \tag{8}$$

г) $F_5(L_m): z_{ij} = |z_{ij} - \rho_{ij}|$.

Для моделювання перешкод, розподілених за різними законами, необхідно отримати випадкові числа із заданою щільністю розподілу ймовірностей [6,7]. Випадкові величини зазвичай моделюють за допомогою перетворень одного або декількох незалежних значень випадкової величини, розмірено розподіленої на інтервалі [0,1].

1. Моделювання випадкової величини, рівномірно розподіленою на інтервалі.

Вихідною випадковою величиною при модуляції випадкових величин із заданими законами розподілу є одновимірна рівномірно розподілена величина δ, тобто випадкова величина з щільністю розподілу

$$P_{\delta}(x) = \begin{cases} 1, x \in (0.1) \\ 0, x \in (0.1) \end{cases} \quad (9)$$

Відзначимо, що коли δ розподілена з щільністю (1) то δ = (b-a) δ + a рівномірно розподілена на проміжку (a; b), тобто має щільність розподілу

$$P_{\delta}(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a}, x \in (a:b) \\ 0, x \in (a;b) \end{cases} \quad (10)$$

В даний час існує безліч алгоритмів отримання псевдовипадкових чисел. Більшість з них, які використовуються на практиці, є рекурентні формули

$$\gamma_{n+1} = \Phi(\gamma_n) \quad (11)$$

при заданому початковому значенні γ_0.

В цьому випадку отримання оптимально наближеною до реальної послідовності псевдовипадкових чисел залежить від функції Ф.

2. Моделювання неперервних випадкових величин.

Нехай випадкова величина β визначена з інтервалу (a; b) і має щільність розподілу f(x), причому

$$\int_a^b f(x)dx = 1 \quad (12)$$

Припускаємо, що інтервал (a; b) - кінцевий. Розглянемо наступну процедуру отримання чисел β.

Поділимо відрізок (a; b) на n однакових інтервалів.

Визначимо

$$S_k = \int_{a_{k-1}}^{a_k} f(x)dx, k = (1, n) \quad (13)$$

Масив $\{\alpha_{ok}\}$, який будемо називати масивом стаціонарного відношення функції, визначимо наступним чином

$$\begin{cases} \alpha_{01} = 0; \\ \alpha_{02} = \alpha_{01} + S_1; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \alpha_{0k} = \alpha_{k-1} + S_{k-1} \\ (k = \overline{2, n+1}) \end{cases} \quad (14)$$

Нехай δ - випадкова величина, рівномірно розподілена на інтервалі (a; b).

Знаходимо індекс k для якого

$$\alpha_{0k} < \delta \le \alpha_{0k+1}. \quad (15)$$

Тоді $\beta = \alpha + \frac{b-a}{n}(k-1) + \frac{b-a}{n}\gamma,$ (16)

Де γ – випадкова величина, рівномірно розподілена на інтервалі (0; 1).

3. Моделювання дискретних випадкових величин.

Загальний метод моделювання дискретної випадкової величини заснований на наступному співвідношенні [6].

$$P\ \left(\sum_{k=0}^{m-1} P_k \le \alpha_0 < \sum_{k=0}^{m} P_{k+1}\right) = \ P_m, \tag{17}$$

де P_m = P (δ = x_m), m = 0, 1, 2, … ; α_0 – випадкова величина, рівномірно розподілена на інтервалі (0; 1).

На прикладі біномного розподілу розглянемо загальний підхід до моделювання дискретних випадкових величин, розподілення яких P_k задовольняє рекурентному співвідношенню

$$P_{k+1} = P_k \ \mathrm{r(k)} \tag{18}$$

А. Для біноміального розподілення з параметрами (P, n)

$$P_k = P(\delta = k) = C_k^n P^k (1-P)^{n-k}, \tag{19}$$

$$r(k) = \frac{P_{k+1}}{P_k} = \frac{n-k}{k+1}\frac{P}{1-P} \tag{20}$$

Стандартне опис розподілення будується так само, як у випадку неперервної випадкової величини

$$\begin{cases} \alpha_{01} = 0; \\ \alpha_{02} = (1-P)^n; \\ \alpha_{\text{ок}} = \alpha_{ok-1} + P_{k+3} r(k-3); \end{cases} \tag{21}$$

Якщо k задовольняє нерівності $\alpha_{\text{ок}} < \eta \le \alpha_{\text{ок}+1}$, де η - випадкова величина, розподілена на інтервалі (0; 1), то вибирається δ = k-2. Це і буде випадкова величина, підпорядкована біноміальному закону з параметрами (P, n).

Б. Для розподілення Пуассона з параметром L.

$$P_k = \frac{L^k}{k!} e^{-L}; \quad r(k) = \frac{L}{k+1}; \quad \mathrm{k = 0, 1, 2….} \tag{22}$$

В. Для геометричного розподілення з параметром P

$$P_k = P(1-P)^k, \quad r(k) = 1-P, \quad \mathrm{k=0,1,2,…} \tag{23}$$

Г. Для гипергеометрического розподілення

$$P_K = \frac{C_{n1}^k \cdot C_{n-n1}^{l-k}}{C_n^l}, \quad r(k) = \frac{(n_1-k)(l-k)}{(k+1)(n-n_1-l+1+k)}, \tag{24}$$

$$\text{де } \max(0, n_1 + l - n) \le k \le \min(n_1, l) \tag{25}$$

Д. Для від'ємного біноміального розподілення (Паскаля) з параметрами

$$\alpha_0 > 0, \quad 0 < P < 1,$$

$$P_k = C_{\alpha_0+k-1}^k P^{\alpha_0} (1-P)^k; \quad r(k) = \frac{\alpha_0 + k}{k+1}(1-P) \tag{26}$$

При побудові відповідної програми необхідні параметри для отримання випадкових величин по заданому дискретному закону, тобто необхідні параметри, що передаються:

PZ – ознака вибору закону розподілення;

1- бінарний закон (10), (11);

2- закон Пуасона (13);

3- геометричний закон (14);

4- закон Паскаля (17);

5- вибір закону розподілення, що не входить в стандартний набір.

В цьому випадку необхідно задати дві підпрограми-функції для визначення P_0 - ім'я P0 і r(k) с ім'ям PK

Формальні параметри $PR1$, $PR2$, $PR3$ и $PR4$ – для передачі значення параметра закону розподілення, причому $PR1$ и $PR3$ передбачені для цілочисельних їх значень.

k - зворотний параметр, який представляє собою отриману випадкову величину.

Висновки. Застосування методів моделювання дозволяє ще на етапі проектування систем отримання відеоінформації для БПЛА оцінити її ефективність і захищеність від перешкод. Особливо це важливо для цифрових систем відеоконтролю об'єктів за допомогою БПЛА, які є багатофункціональними.

Вони найбільш повно поєднують в собі весь арсенал сучасних функцій отримання відеоінформації, раніше недоступних в аналогових системах.

При аналізі технічних характеристик цифрових систем відеоінформації БПЛА слід розрізняти характеристики власне системи отримання відеоінформації від звичайних характеристик комп'ютерної техніки, на базі якої такі системи створюються. Такий аналіз можливо провести, застосовуючи процедуру моделювання умов експлуатації комплексів БПЛА з урахуванням їх можливостей і особливостей.

Список використаних джерел

1. Алексєєв С.В. Безпілотні літальні засоби: історія та перспективи розвитку / Алексєєв С.В. // Сучасна спеціальна техніка, №3 (38), 2014. - с. 89-97.
2. Малярчук М.В. Перспективні інформаційні технології зв’язку з безпілотними літальними апаратами. / Малярчук М.В, Смосар В.І. // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, №1 (7), 2010. - с. 47-51
3. Хорошко В.А. Система обработки информации, поступающей с безпилотников / Хорошко В.А. Хохлячова Ю.Е. // CS. науч. Трудов НАУ «Защита информации», Вып. 22, 2015. -с.60-74.
4. Васильев В.И. Распознающие системы / Васильев В.И. – К: Наук. --, 1969. -292с.
5. Переверзев-Орлов В.Р. -- и методы автоматического чтения. Изд. 2-е. // Переверзев-Орлов В.С. – М.: Наука, 1996. -218с.
6. Ермаков С.М. Курс статического моделирования / Ермаков С.М., Михайлов Г.А.-М.: Наука, 1976. -320с.
7. Загоруйко Н.Г. Методы распознавания и их применение. Изд. 2-е / Загоруйко Н.Г.-М.: Сов. радио, 2002. - 226с.