

УДК 621.3

А.Я. КУЛИК

Вінницький національний технічний університет

## АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОГО КОДУВАННЯ ДАНИХ У ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Проведено аналіз впливу параметрів завадозахищених  $(n, k)$ -кодів на параметри передавання інформації для різних умов. Сформульовано задачі побудови коду для різних умов передавання. Проведено розрахунки параметрів передавання для різних умов.

The analysis of influence of parameters of the  $(n, k)$ -codes, protected from noise, on parameters of transfer is carried out under different conditions. The tasks of construction of a code for different conditions of transfer are formulated. The accounts of parameters of transfer for different conditions are carried out.

Ключові слова: передавання інформації, швидкість передавання, код.

### Вступ

Для адаптивного передавання інформації каналом з ненульовою пропускну здатністю використовується набір  $(n, k)$ -кодів з виправленням помилок, де  $n$  – загальна кількість розрядів кодової комбінації,  $k$  – кількість інформаційних розрядів, мінімальна кодова відстань яких:

$$d_{\min} \geq s + t + 1, t \geq s, \quad (1)$$

де  $s$  – кількість помилок, що виявляються;

$t$  – кількість помилок, що виправляються, характеризує спроможність блокового коду  $(n, k)$  до виправлення помилок і залежить від властивостей конкретного коду. В свою чергу, кількість помилок, що виправляються,  $t$  пов'язана з мінімальною відстанню між  $n$ -вимірними кодовими словами у метриці Хеммінга:

$$t = \frac{d_{\min} - 1}{2}. \quad (2)$$

Повідомлення, що має передаватися до каналу зв'язку  $\bar{x}_k$ , складається з інформаційної  $\bar{x}_i$  та службової  $\bar{x}_u$  частин:

$$\bar{x}_k : \bar{x}_i \oplus \bar{x}_u. \quad (3)$$

Після виконання завадозахищеного кодування, до кодової комбінації  $\bar{x}_k$  додається ще й  $m$  контрольних розрядів:

$$\bar{x}_n : \bar{x}_k \oplus \bar{x}_m = \bar{x}_i \oplus \bar{x}_u \oplus \bar{x}_m. \quad (4)$$

Такий формат представлення даних дозволяє вносити необхідні корективи до вхідних параметрів розробленої моделі каналу.

Оскільки більша частина інформації передається з використанням засобів комп'ютерної техніки, то процес передавання має певні особливості [1, 2]. З одного боку, послідовні інтерфейси, що використовуються для передавання інформації до каналу зв'язку, здебільшого працюють з байтами. Навіть, якщо кількість розрядів, що передаються, можна задавати програмним шляхом, то порт все одно доповнює слово нулями, і до каналу зв'язку передається повний байт. З другого боку, каналні коди типу Манчестер II, AMI, MLT-3, BNZS, HDB3 тощо можна використовувати лише для перетворення сигналів, оскільки вони тільки фіксують помилки, не виправляючи їх, але вимагають суттєвих апаратних витрат і відрізняються складністю програмної реалізації.

Інформацію до каналу зв'язку можна передавати не лише окремими байтами, але й блоками довжиною  $N_b$  байт [1–4]. Тоді, показник якості передавання інформації каналом зв'язку  $E_k$  залежить від складу вектора сигналу  $\bar{x}_n$ , що передається, імовірності спотворення елементарного сигналу  $p_0$ , довжини блока  $N_b$ , що передається, та кількості помилок  $t$ , що виправляються. Таким чином, задачу побудови коду можна сформулювати у вигляді:

$$\begin{cases} E_k = \max_{\bar{x}_n, p_0, N_b, t} E_k(\bar{x}_n, p_0, N_b, t); \\ v_k \rightarrow v_{\text{нор}}; \\ p_k \rightarrow p_{\text{нор}}, \end{cases} \quad (5)$$

де  $v_k = \frac{N_b}{T} = \frac{(8k_v \cdot N_b)}{\tau}$  – швидкість передавання інформації;

$p_k$  – імовірність правильного приймання блока з  $N_b$  байт даних;

$p_{\text{нор}}$  – порогова імовірність правильного приймання блоку з  $N_b$  байт даних;

$v_k$  – швидкість передавання даних каналом зв'язку;

$v_{nop}$  – порогова швидкість передавання даних каналом зв'язку;  
 $T$  – час передавання блока з  $N_b$  байт даних,  
 з урахуванням граничного значення об'єму сигналу

$$V_k \leq V_{nop}. \quad (6)$$

Для другого випадку показник якості передавання інформації каналом зв'язку  $E_k$  залежить від складу вектора сигналу  $\bar{x}_n$ , що передається, імовірності спотворення елементарного сигналу  $p_0$ , розміру блока  $N_b$ , що передається, та кількості повторів  $r$ . Таким чином, задачу побудови коду можна сформулювати у вигляді

$$\begin{cases} E_k = \max_{\bar{x}_n, p_0, N_b, r} E_k(\bar{x}_n, p_0, N_b, r); \\ v_k \rightarrow v_{nop}; \\ p_k \rightarrow p_{nop}, \end{cases} \quad (7)$$

причому в обох випадках порогова швидкість передавання інформації визначається за методикою Шеннона. Потенційно можливу мінімальну кодову відстань  $d_{min}$  для блокових кодів  $(n, k)$  можна приблизно визначити, використовуючи різні оцінки:

- з використанням межі Плоткіна

$$d_{min} \leq n \frac{2^k - 1}{2^k - 1}, \quad (3.8)$$

- з використанням межі сферичної упаковки Хеммінга

$$2^{n-k} \geq \sum_{i=0}^k C_n^i. \quad (9)$$

Використання кодів такого типу вимагає оцінювання кількості інформаційних розрядів і кількості помилок, що виправляються. Графік, який ілюструє частку інформативних розрядів  $k$  у кодових комбінаціях для  $d_{min} = 3$  та  $d_{min} = 5$  (відповідно виправлення однієї та двох помилок) наведений на рис. 1. Так, для виправлення двох помилок, мінімальною кількістю розрядів  $n2_{min}|_{d_{min}=5} = 7$ , а для однієї –  $n1_{min}|_{d_{min}=3} = 3$ .

Велике значення має також час передавання інформації. Графік залежності часу передавання залежно від обсягу файлу, що передається, наданий на рис. 2.

Оскільки для виправлення однієї помилки можна ефективно використати чотири інформаційні розряди з трьома контрольними, а послідовний інтерфейс передає інформацію байтами, то перепакування даних до повних восьми розрядів дає певний вигравш в часі, який ілюструється на рис. 3.

Таким чином, для забезпечення оптимального режиму роботи необхідно визначити параметри передавання, які описуються виразами (5), (7).

Для визначення максимальної довжини блока передавання необхідно врахувати, що коди з виправленням помилок призначені для корегування лише певної кількості помилок, яка визначається кодовою відстанню. Якщо всі помилки у блоці виправити неможливо, то блок необхідно передавати знову. Наявність зворотного каналу передбачає передавання спеціальних сигналів після надходження кожного блока щодо наявності невиправних помилок, тобто щодо правильності або неправильності передавання блока.

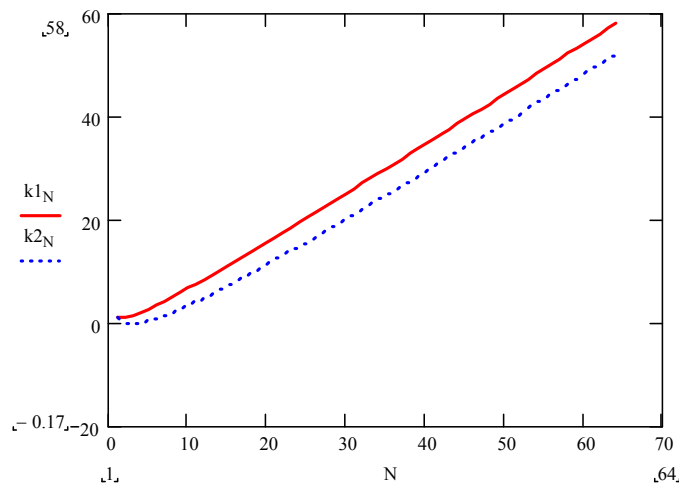


Рис. 1. Кількість інформаційних розрядів  $k1|_{d_{min}=3}$  та  $k2|_{d_{min}=5}$  у блоці повідомлення при різних його довжинах  $N_b$

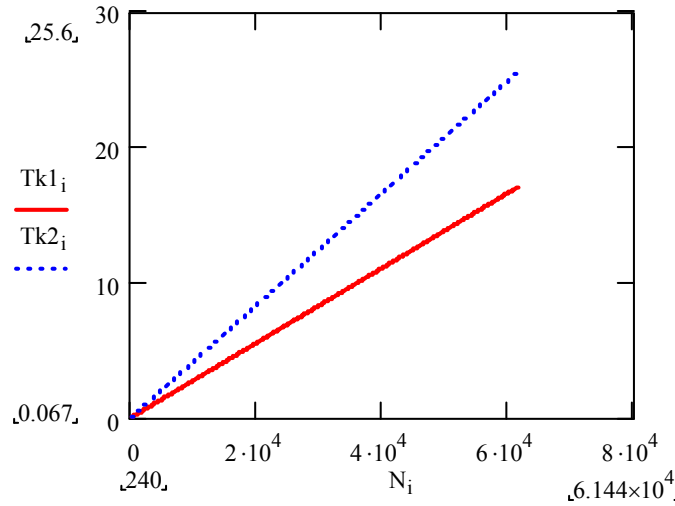


Рис. 2. Залежність часу передавання  $Tk1|_{d_{\min}=3}$  та  $Tk2|_{d_{\min}=5}$  від довжини блока повідомлення  $N_b$

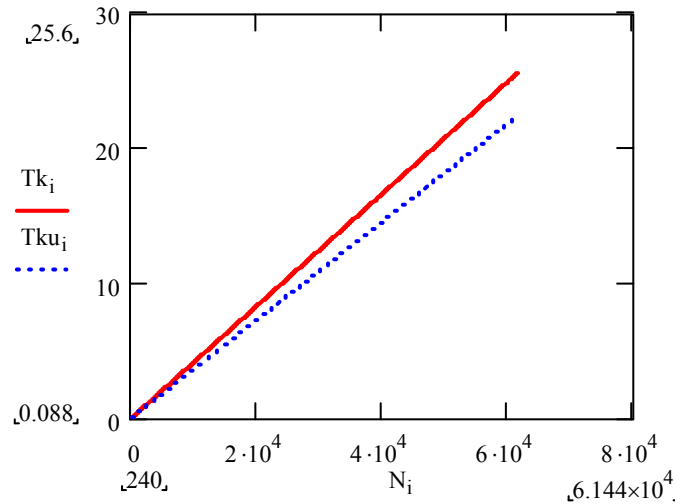


Рис. 3. Залежність часу передавання  $Tk$  (без перегрупування даних) та  $Tki$  (з перегрупуванням даних) від довжини блока повідомлення  $N_b$

Властивості симетричного каналу без пам'яті передбачають, що помилки будуть незалежними, а імовірності  $p_{np,i}$  приймання кожного  $i$ -го блока не будуть залежати від попередніх передач [2].

Імовірність того, що кодова комбінація з  $n$  символів буде прийнята без помилок (їх кількість не перевищить потенційної здатності коду  $t_n$ ), підпорядковується біноміальному закону розподілу і може бути визначена через бета-функції [5]:

$$p_{np, \text{бл.}} = \sum_{j=0}^t C_n^j \cdot p_0^j \cdot (1-p_0)^{n-j}, \tag{10}$$

де  $p_0$  – імовірність помилки на один символ.

$$p_{np, \text{бл.}} = \frac{B_{(1-p_0)}(n-t, t+1)}{B(n-t, t+1)}, \tag{11}$$

$$\text{де } B_{(1-p_0)}(z, y) = \int_0^{1-p_0} x^{z-1} (1-x)^{y-1} dx;$$

$$B(z, y) = \int_0^1 x^{z-1} (1-x)^{y-1} dx.$$

Для кожного  $p_0$  ефективна швидкість передавання може бути визначена з урахуванням кодової відстані  $d$ , яка характеризує кількість додаткових контрольних розрядів [6].

На рис. 4 наведений графік імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації при виправленні однієї та двох помилок.

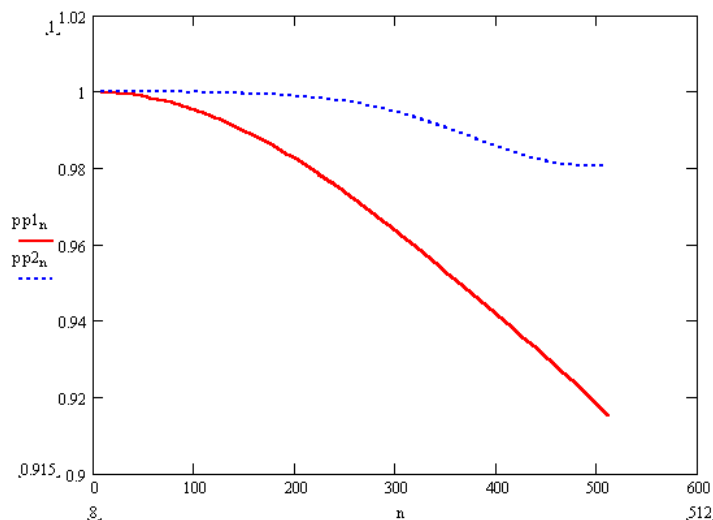


Рис. 4. Імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації  $N$  при виправленні однієї ( $pp1_n$ ) та двох ( $pp2_n$ ) помилок і  $p_0 = 10^{-3}$

Залежно від імовірності  $p_0$  спотворення елементарного сигналу, канали зв'язку мають певну градацію [7]. Для них визначені імовірності спотворення  $p_{0.1} = 10^{-1}$ ,  $p_{0.2} = 10^{-2}$ ,  $p_{0.3} = 10^{-3}$ ,  $p_{0.4} = 10^{-4}$ ,  $p_{0.5} = 10^{-5}$  тощо. Для цих видів каналів побудовані графіки імовірностей безпомилкового передавання при виправленні однієї та двох помилок (відповідно рис. 5 та 6).

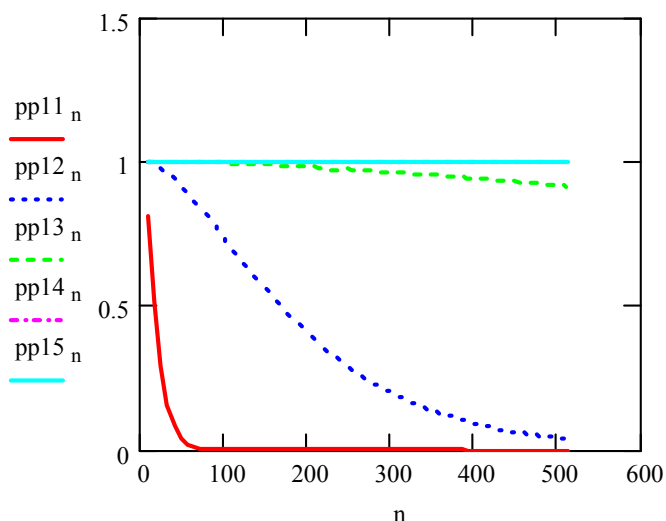


Рис. 5. Імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації  $n$  при виправленні однієї помилки і  $p_{0.1} = 10^{-1}$ ,  $p_{0.2} = 10^{-2}$ ,  $p_{0.3} = 10^{-3}$ ,  $p_{0.4} = 10^{-4}$ ,  $p_{0.5} = 10^{-5}$

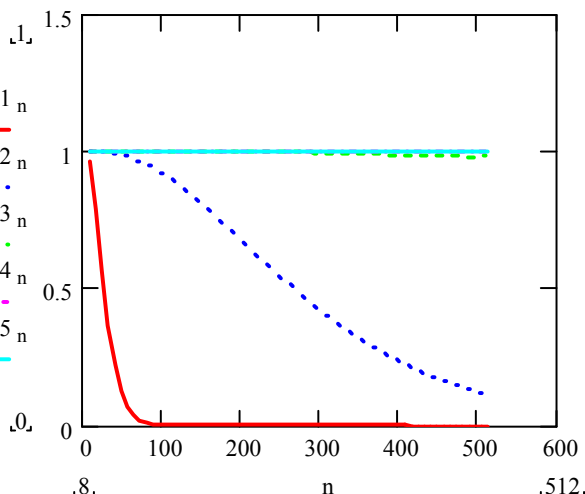


Рис. 6. Імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації  $n$  при виправленні двох помилок і  $p_{0.1} = 10^{-1}$ ,  $p_{0.2} = 10^{-2}$ ,  $p_{0.3} = 10^{-3}$ ,  $p_{0.4} = 10^{-4}$ ,  $p_{0.5} = 10^{-5}$

За аналогією з цим, доцільно побудувати залежності імовірностей безпомилкового передавання інформації з виправленням однієї та двох помилок на байт, а також аналогічні залежності при різних градаціях імовірності помилки спотворення елементарного сигналу каналом зв'язку (рис. 7–9).

Отримані залежності показують не лише переваги передавання інформації в байтовому форматі, але й чітко вказують, що при погіршенні якості зв'язку необхідно зменшувати довжину блока даних, що передається [7].

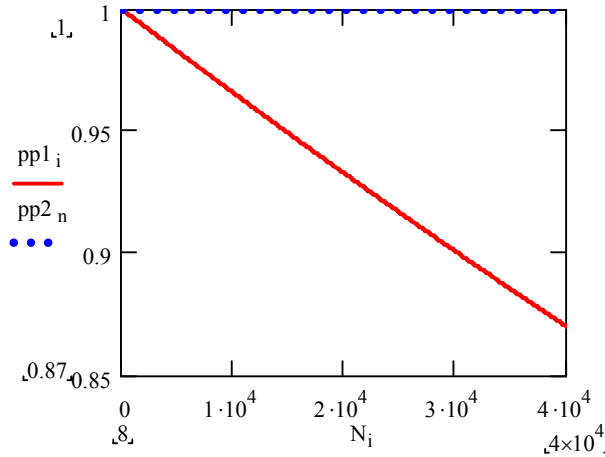


Рис. 7. Імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації  $N$  при виправленні однієї ( $p1_n$ ) та двох ( $p2_n$ ) помилок на байт,  $p_0 = 10^{-3}$  і передаванні байтами ( $n = 8$ )

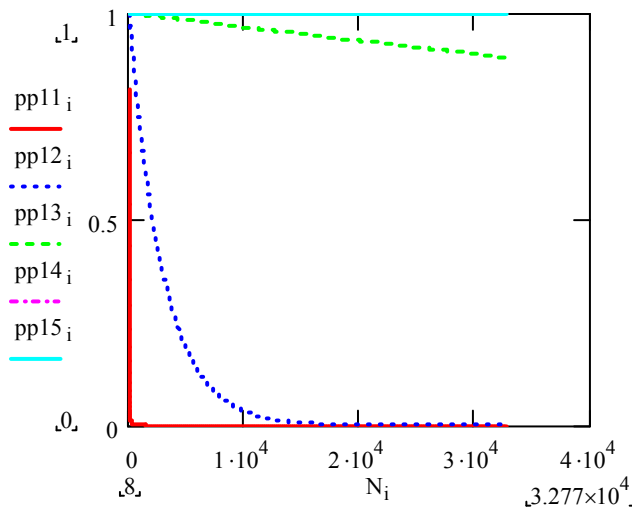


Рис. 8. Імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації  $N$  при виправленні однієї помилки на байт,  $p_{0.1} = 10^{-1}$ ,  $p_{0.2} = 10^{-2}$ ,  $p_{0.3} = 10^{-3}$ ,  $p_{0.4} = 10^{-4}$ ,  $p_{0.5} = 10^{-5}$  і передаванні байтами ( $n = 8$ )

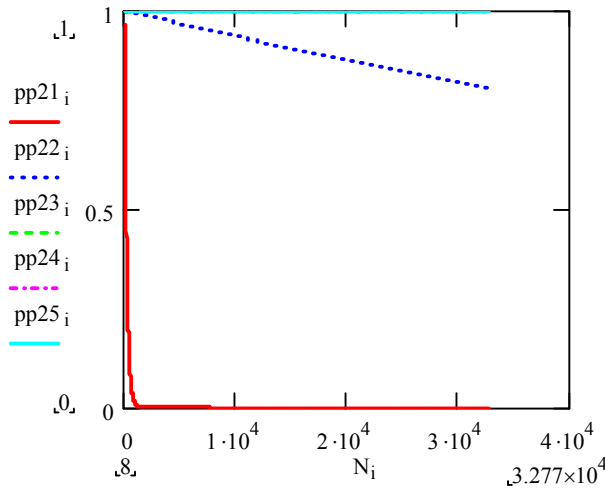


Рис. 9. Імовірності безпомилкового передавання залежно від довжини кодової комбінації  $N$  при виправленні двох помилок на байт,  $p_{0.1} = 10^{-1}$ ,  $p_{0.2} = 10^{-2}$ ,  $p_{0.3} = 10^{-3}$ ,  $p_{0.4} = 10^{-4}$ ,  $p_{0.5} = 10^{-5}$  і передаванні байтами ( $n = 8$ )

**Висновки**

Таким чином, визначено показник якості передавання інформації для випадків використання завадозахищеного  $(n, k)$ -кодування, який залежить від складу вектора сигналу, що передається, імовірності спотворення елементарного сигналу, довжини блоку, що передається, а також кількості помилок, що виправляються. Це дозволяє визначити параметри, які впливають на вірогідність передавання та якість використання каналу, і визначити напрямки для формування підходу до побудови процедури адаптивного вибору методу кодування. Проведено чисельний аналіз залежності параметрів передавання та імовірності безпомилкового передавання від довжини блоку повідомлення для різних видів кодів і типів каналів, що дозволило визначити необхідні умови побудови системи зв'язку.

**Література**

1. Кривогубченко С. Г. Особливості використання завадозахищених кодів для закриття інформації при передаванні колективними лініями зв'язку / С. Г. Кривогубченко, М. М. Компанець, А. Я. Кулик // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Сер. "Електротехніка і енергетика". – 2000. – Вип. 17. – С. 65–69.
2. Кулик А. Я. Адаптивне передавання інформації каналами зв'язку / А. Я. Кулик, С. Г. Кривогубченко, М. М. Компанець // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2003. – № 1–2 (5–6). – С. 174–176.
3. Ручкин В. Закономерность изменения эффективности накопления сигнала двоичного кода [Електронний ресурс] / В. Ручкин. – Режим доступу: [http://www.otwet.ru/study/raznoe/zakon\\_eff.html](http://www.otwet.ru/study/raznoe/zakon_eff.html)
4. Кривогубченко С. Г. Особливості використання завадозахищених кодів для закриття інформації при передаванні колективними лініями зв'язку / С. Г. Кривогубченко, М. М. Компанець, А. Я. Кулик // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Сер. "Електротехніка і енергетика". – 2000. – Вип. 17. – С. 65–69.
5. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Левин Б. Р. – М.: Советское радио, 1974. – 552 с.
6. Чикин А. В. Способ нахождения оптимальных по критерию "эффективная скорость передачи информации" параметров блочного кода в двоично-симметричном канале без памяти [Електронний ресурс] / А. В. Чикин // Труды МАИ: электронный журнал. – Режим доступу: [http://www.mai.ru/projects/mai\\_works/articles/num9/article7](http://www.mai.ru/projects/mai_works/articles/num9/article7)
7. Лев А. Ю. Недвоичные блочные неразделимые коды, корректирующие ошибки / А. Ю. Лев, Ю. А. Лев, В. Н. Охрименко // Зв'язок. – 2002. – № 2. – С. 48–50.

Надійшла 21.9.2010 р.

УДК 004.032.26

М.В. ОЛЕКСІВ

Національний університет "Львівська політехніка"

## **ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ПРЕДСТАВЛЕНІ БІНАРНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ ЇХ СИЛУЕТІВ, ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

*Розглядається метод проектування штучних нейронних мереж прямого поширення для виявлення літаків за їх силуетами, що представлені бінарними зображеннями, на прикладі літаків АНТК ім. О. К. Антонова.*

*The method of artificial feedforward neural networks designing for airplanes detection after their silhouettes, which are represented by binary images, by the example of Antonov ASTC airplanes is considered in the paper.*

Ключові слова: штучні нейронні мережі, цифрова обробка зображень, виявлення об'єктів.

**Вступ**

Сучасні системи безпеки все частіше використовують автоматизовані та автоматичні інтелектуальні системи відеонагляду. Ці системи, крім моніторингу, здатні автоматично виявляти та ідентифікувати об'єкти, що можуть нести певні загрози, вимагають акцентування уваги на них, або з будь-якою іншою метою мають відслідковуватися. Такими об'єктами зокрема є літаки.

При розробці цих систем виникає багато проблем. До них можна віднести проблеми розробки методів виявлення і ідентифікації об'єктів; відсутність однозначних вимог до пропорцій між сторонами масштабованих растрових зображень об'єктів різних розмірів; відсутність вимог до інформаційного наповнення зображень. Наявність вимог до зображень дозволяє зменшити спотворення зображених об'єктів при їх масштабуванні і збільшити інформативність зображень. Це, в свою чергу, збільшує точність і надійність інтелектуальних систем відеонагляду.

Залежно від технологій виявлення і ідентифікації об'єктів існують різні вимоги до якості, розмірів, моделі кольору та інформаційного наповнення растрових зображень об'єктів. При використанні штучних нейронних мереж (ШНМ) для розв'язання задач виявлення і ідентифікації об'єктів дозволяється