

УДК 335.351

І.С. Катеринчук, В.А. Кириленко

Національна академія Державної прикордонної служби України, Хмельницький

МЕТОД ОЦІНКИ КІЛЬКОСТІ ПЕРЕДАНОЇ ПІД ВПЛИВОМ ЗАВАД ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ДИСКРЕТНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ

Стаття присвячена питанню розробки методу оцінки кількості інформації для дискретних повідомлень, що надходять під впливом перешкод від прикордонних нарядів при виконанні службових обов'язків по охороні державного кордону.

інформаційна система, завади, ентропія, дискретне повідомлення

Вступ

Україна як незалежна держава знаходиться на початку суцільної інтеграції до європейської спільноти. Для впровадження цієї мети в життя і було затверджено 19 червня 2006 року Концепцію розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року [1]. Ця концепція визначає основні напрямки розвитку ДПС України та спрямована на створення сучасної прикордонної служби європейського типу, що гарантовано забезпечуватиме захист національних інтересів на державному кордоні.

Основний матеріал

Однією з важливих умов інтеграції всіх складових сучасної системи охорони державного кордону і суверенних прав України в її виключній (морській) економічній зоні є розвиток єдиної системи добування інформації й інформаційного забезпечення.

Основним завданням будь-якої інформаційної системи є прийом і накопичення сукупності вхідних повідомлень та передача оброблених вихідних повідомлень користувачам. У процесі передачі повідомлення може піддаватися численним завадам, що суттєво може змінити його фізичні характеристики. Однак передана інформація повинна залишатися достовірною при всіх перетвореннях. У зв'язку з цим, метою даної роботи є обґрунтування підходів щодо вироблення методики оцінки кількості переданої під впливом завад інформації для дискретних повідомлень, що надходять від прикордонних нарядів до аналітичних секторів Державної прикордонної служби України.

Інформація, яка використовується для прийняття рішення, може надходити від декількох прикордонних нарядів, що дають залежні повідомлення (такі повідомлення будемо називати складними повідомленнями).

У реальних умовах передача повідомлень відбувається під впливом завад [3]. Завади змінюють повідомлення, унаслідок чого повідомлення, які надходять до аналітичного сектору, будуть у тому

чи іншому ступені відрізнятися від повідомлень, що передаються, тобто буде мати місце неповна достовірність передачі. Тоді внаслідок відмінності прийнятих повідомлень від тих, що передаються, при оцінці кількості переданої інформації доцільніше розглядати дві системи: систему переданих X і систему прийнятих повідомлень Y .

Передане повідомлення може приймати значення x_1, x_2, \dots, x_n з апіорними ймовірностями відповідно $p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_n)$. Прийняті повідомлення характеризуються сукупністю значень y_1, y_2, \dots, y_n . Наявність завад порушує однозначну відповідність між переданими і прийнятими повідомленнями. Оскільки завади мають випадковий характер, то при прийомі якого-небудь повідомлення y_j неможливо точно установити, яке повідомлення було передано. Можна говорити лише про умовну ймовірність $p(x_i/y_j)$, що визначає ймовірність передачі повідомлення x_i за умови, що буде прийняте повідомлення y_j .

Оцінимо кількість інформації, що міститься в одному з прийнятих повідомлень y_j при одному з переданих повідомлень x_i .

Умовна ймовірність $p(x_i/y_j)$ свідчить про те, що є невизначеність у повідомленні y_j щодо повідомлення x_i . Ця невизначеність може бути оцінена умовною ентропією [2]

$$H(x_i/y_j) = -\log_2 [p(x_i/y_j)]. \quad (1)$$

Таким чином, унаслідок впливу завад початкова апіорна ентропія повідомлення x_i , яка обумовлена кількісно виразом $H(x_i) = -\log_2 [p(x_i)]$, знімається при одержанні повідомлення y_j не цілком, а лише зменшується до значення $H(x_i/y_j)$. Кількість одержуваної інформації в цьому випадку буде дорівнювати знятій частині невизначеності:

$$I(x_i/y_j) = H(x_i) - H(x_i/y_j) = -\log_2 \left[\frac{p(x_i/y_j)}{p(x_i)} \right]. \quad (2)$$

Формула (2) виражає кількість інформації, що міститься в прийнятому повідомленні y_j щодо переданого x_i . Цю кількість інформації прийнято називати частковою кількістю інформації, що міститься в повідомленні y_j щодо повідомлення x_i . Середня кількість інформації про всі повідомлення x_i , що міститься в одному прийнятому повідомленні y_j , можна одержати шляхом усереднення по усіх x_i :

$$\begin{aligned} I(y_j, X) &= \sum_{i=1}^n p(x_i/y_j) I(x_i/y_j) = \\ &= \sum_{i=1}^n p(x_i/y_j) \log_2 \left[\frac{p(x_i/y_j)}{p(x_i)} \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Формула (3) виражає часткову кількість інформації, що міститься в прийнятому повідомленні y_j щодо всієї сукупності переданих повідомлень X . Для того, щоб визначити кількість інформації, що міститься у всій сукупності прийнятих повідомлень Y щодо всієї сукупності переданих повідомлень X , необхідно здійснити усереднення по усіх y_j :

$$\begin{aligned} I(X, Y) &= \sum_{j=1}^m p(y_j) \sum_{i=1}^n p(x_i/y_j) I(x_i/y_j) = \\ &= \sum_{j=1}^m p(y_j) \sum_{i=1}^n p(x_i/y_j) \log_2 \left[\frac{p(x_i/y_j)}{p(x_i)} \right] = \\ &= \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p(y_j) p(x_i/y_j) \log_2 \left[\frac{p(x_i/y_j)}{p(x_i)} \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Використовуючи рівність $p(y_j)p(x_i/y_j) = p(x_i, y_j)$, одержимо

$$I(X, Y) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p(x_i, y_j) \log_2 \left[\frac{p(x_i/y_j)}{p(x_i) p(y_j)} \right]. \quad (5)$$

Формули (4) і (5) визначають середню кількість інформації, що міститься в Y відносно X . Формулу (5) можна переписати у вигляді

$$\begin{aligned} I(X, Y) &= \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p(x_i, y_j) \log_2 [p(x_i/y_j)] - \\ &\quad - \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 [p(x_i)] = \\ &= H(x_i/y_j) - \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p(x_i) p(x_i/y_j) \log_2 [p(x_i)]. \end{aligned} \quad (6)$$

З урахуванням рівності $\sum_{j=1}^m p(x_i/y_j) = 1$ одержимо

$$\begin{aligned} I(Y, X) &= -H(X/Y) - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i) = \\ &= H(X) - H(X/Y). \end{aligned} \quad (7)$$

Таким чином, середня кількість інформації, що приймається при неповній достовірності повідомлень, дорівнює різниці безумовної ентропії $H(X)$, що характеризує початкову (апостеріорну) невизначеність повідомлень, і умовної ентропії $H(X/Y)$, що характеризує залишкову (апостеріорну) невизначеність повідомлень. Використовуючи властивість умовної ентропії $H(X/Y) = H(X/Y) - H(Y)$, вираз (7) можна привести до вигляду

$$I(Y, H) = H(X) + H(Y) - H(X, Y). \quad (8)$$

Отже, кількість переданої інформації може бути виражена через суму ентропії переданого X і прийнятого Y повідомлень, за винятком спільної ентропії $H(X, Y)$.

Оскільки $H(Y, X) = H(X, Y)$, то

$$H(X) + H(Y/X) = H(Y) + H(X/Y)$$

$$\text{або } H(X) - H(X/Y) = H(Y) - H(Y/X).$$

З останнього рівняння випливає, що

$$I(Y, X) = I(X, Y), \quad (9)$$

тобто кількість інформації, що міститься в повідомленні Y щодо повідомлень X , дорівнює кількості інформації, що міститься в X відносно Y . Тому $I(Y, X)$ і $I(X, Y)$ називають також повною взаємною інформацією.

Висновок

У подальшому цей метод дає можливість проводити наукові дослідження з розробки методики аналізу та обробки повідомлень, які надходять від прикордонного наряду до аналітичного сектору відділу прикордонної служби для проведення необхідних розрахунків щодо прийняття рішення на охорону ДКУ.

Список літератури

1. Указ Президента України № 546/2006 "Про Концепцію розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: 22.06.2006: <http://www.president.gov.ua/documents/p_4591.html>. – Загол. з екрану.
2. Лидовський В.В. Теорія інформації: Навчальний посібник. – М.: РГТУ ім. К.Е. Ціолковського, 2002. – 114 с.
3. Науково-дослідна робота "Розробка методики оцінки достатності інформації в інформаційних системах Державної прикордонної служби України" (шифр 204-1005 І). – Хмельницький: НАДПСУ, 2004. – 75 с.

Надійшла до редколегії 12.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Шинкарук, Національна академія Державної прикордонної служби України, Хмельницький.