

ПІДХІД ДО ЗЛИТТЯ КОРЕЛЬОВАНИХ СВІДЧЕНЬ, ЩО ОДЕРЖУЮТЬСЯ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМАХ

Попов М.О., Топольницький М.В.

Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України

E-mail: mpopov@casre.kiev.ua

An approach for correlative evidence fusion in multichannel sensor's systems

An approach for correlative evidence fusion in multichannel sensor's systems is represented. The order of application of the proposed approach is shown on concrete example.

До багатоканальних сенсорних систем належать, серед інших, аерокосмічні багатоспектральні системи, в яких сигнали випромінювання від об'єктів реєструються в окремих спектральних зонах. Аналіз цих сигналів дає можливість формувати гіпотези, або свідчення про належність зареєстрованих об'єктів до того чи іншого класу. Свідчення з різних спектральних зон можуть як співпадати, так і конфліктувати між собою. Тому остаточні рішення доцільно приймати через злиття інформації, яка одержана в різних каналах. А. Демпстером [1] запропоноване просте правило злиття свідчень, які одержуються з взаємно незалежних джерел. Однак його застосуванню заважає той факт, що більшість каналів на практиці є у тій чи іншій мірі корельованими.

У даній роботі пропонується підхід, який дозволяє врахувати корельованість спектральних каналів при злитті свідчень за правилом Демпстера. Основою аналізу в теорія Демпстера-Шейфера [2] є множина Ω гіпотез, або свідчень. Кожне свідчення A ($A \subseteq \Omega$) супроводжується масою $m(A)$, яка характеризує рівень довіри до цього свідчення. Якщо свідчення A в одному спектральному каналі має масу $m_1(A)$, а в другому $m_2(A)$, то за правилом Демпстера об'єднана оцінка маси цього свідчення розраховується у вигляді:

$$m_1 \oplus m_2(A) = \frac{1}{1-K} \sum_{D_1 \cap D_2 = A} m_1(D_1) \cdot m_2(D_2), \quad (1)$$

де величина K має назву коефіцієнту конфліктності,

$$K = \sum_{D_1 \cap D_2 = \emptyset} m_1(D_1) \cdot m_2(D_2).$$

В основі підходу, що пропонується, покладена ідея коригувати об'єднані оцінки мас свідчень з урахуванням величини коефіцієнту кореляції між

відповідними спектральними каналами. Так, якщо розраховується об'єднана оцінка маси свідчення A шляхом злиття оцінок мас $m_1(A)$ та $m_2(A)$ з двох спектральних каналів $S1$ та $S2$, які мають коефіцієнт взаємної кореляції r_{12} , то одна з цих мас, наприклад, $m_1(A)$, коригується до величини

$$m_1^*(A) = (1 - |r_{12}|) \cdot m_1(A). \quad (2)$$

Слід відзначити, що завдяки асоціативності правила Демпстера коригувати можна будь-який канал з двох, що зливаються. Однак треба враховувати, що при коригуванні невизначеність основи аналізу Ω зростає у даному випадку відповідно на величину $|r_{12}| \cdot m_1(A)$.

Покажемо на ілюстративному прикладі, як працює запропонований підхід. Припустимо, оптико-електронна системи має три спектральні канали $S1$, $S2$ та $S3$, причому канали $S1$ і $S2$ корелюють між собою з коефіцієнтом $r_{12} = 0.8$, а канал $S3$ є незалежним від інших. Нехай, проведений аналіз сигналів в каналах надав результати, показані в табл. 1, де A , B , C – свідчення.

Таблиця 1

S1	$m_1(A) = 0.7; m_1(B, C) = 0.3$
S2	$m_2(A) = 0.6; m_2(B, C) = 0.4$
S3	$m_3(A) = 0.3; m_3(B) = 0.5; m_3(C) = 0.2$

Перший крок – злиття свідчень, що одержані в каналах $S1$ та $S2$. Враховуючи їхню корельованість, спочатку коригуємо маси свідчень, використовуючи для цього формулу (2):

$$m_1^*(A) = (1 - 0.8) \cdot 0.7 = 0.14; m_1^*(B, C) = (1 - 0.8) \cdot 0.3 = 0.06; m_1^*(\Omega) = 0.8.$$

Таблиця 2

		S2	
		$m_2(A) = 0.6$	$m_2(B, C) = 0.4$
S1	$m_1^*(A) = 0.14$	0.084	0.056
	$m_1^*(B, C) = 0.06$	0.036	0.024
	$m_1^*(\Omega) = 0.8$	0.48	0.32

Далі, використовуючи табл. 2 і правило (1), одержуємо оцінки, об'єднані для каналів $S1$ та $S2$:

$$m_{12}(A) = 0.62; m_{12}(B, C) = 0.38.$$

Наступний крок – злиття одержаних оцінок зі свідченнями, які надав незалежний канал S3. Спираючись на правило (1), одержуємо з табл. 3 оцінки достовірностей свідчень з урахуванням даних від всіх трьох спектральних каналів:

$$m_{123}(A) = 0.41; m_{123}(B) = 0.42; m_{123}(C) = 0.17.$$

Ранжування одержаних оцінок дає:

$$m_{123}(B) \succ m_{123}(A) \succ m_{123}(C),$$

тобто найбільш достовірним у підсумку виявляється свідчення B.

Таблиця 3

		S3		
		$m_2(A) = 0.3$	$m_2(B) = 0.5$	$m_2(C) = 0.2$
S1+S2	$m_{12}(A) = 0.62$	0.186	0.31	0.124
	$m_{12}(B, C) = 0.38$	0.114	0.19	0.076

Якщо ж провести аналогічні розрахунки без урахування факту корельованості каналів (прийняти, що $r_{12} = 0$), то одержуємо:

$$m_{123}(A) = 0.60; m_{123}(B) = 0.28; m_{123}(C) = 0.12.$$

Ранжування дає:

$$m_{123}(A) \succ m_{123}(B) \succ m_{123}(C),$$

тобто при таких умовах перевагу по достовірності має свідчення A.

Висновок: запропоновано підхід до злиття свідчень, що одержуються в багатоканальних сенсорних системах, який дозволяє враховувати міжканальні кореляційні властивості сенсорних систем і, таким чином, одержувати більш достовірні оцінки.

Література

1. Dempster A.P. A generalization of Bayesian inference / A.P. Dempster // Journal of the Royal Statistics Society, 1968, Series B, 30, pp. 205–247.
2. Klein L. A Sensor and Data Fusion / L. Klein // Bellingham: SPIE PRESS, 2004. – 318 p.