

Optymalizacja parametrów algorytmu ważonej syntezy informacji

Ważona synteza informacji stanowi rozwinięcie metody syntezy informacji przez głosowanie. Wyjściowa decyzja podejmowana w systemie bazuje na regule większościowej, tzn. hipoteza, która otrzymuje najwięcej „głosów” ze strony działających w systemie sensorów, jest traktowana jako finalny rezultat syntezy. Ważona synteza informacji należy do grupy metod realizujących syntezę informacji na poziomie decyzji, czyli wymagane jest, aby każdy z sensorów w swoim module przetwarzania wypracował hipotezę co do charakteru obserwowanego obiektu, a moduł syntezy informacji dokonuje integracji tych hipotez [1,2,3].

Realizację syntezy przez głosowanie najprościej przeprowadzić konstruując macierz X (1). Każdy z wierszy tej macierzy jest binarnym wektorem o długości D odpowiadającej liczbie hipotetycznych deklaracji wyjściowych zgłaszanych przez sensory (inaczej mówiąc, liczbie zdefiniowanych klas obiektów rozpoznawanych przez system), i -ty wiersz macierzy odpowiada oczywiście wektorowi generowanemu na wyjściu przez sensor i . Czyli $x_{i,j} = 1$ oznacza, że sensor i przyporządkował obserwowany obiekt do klasy j ($i = 1, \dots, D$, $j = 1, \dots, N$ gdzie N odpowiada liczbie sensorów w systemie).

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,D} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N,1} & x_{N,2} & \cdots & x_{N,D} \end{pmatrix} \begin{matrix} \leftarrow \text{Sensor 1} \\ \leftarrow \text{Sensor 2} \\ \vdots \\ \leftarrow \text{Sensor N} \end{matrix} \quad (1)$$

Procedura syntezy zapisana wzorem (2) polega na sumowaniu kolumn macierzy w celu uzyskania wynikowego wektora Y o długości D , którego każdy z elementów niesie informację o tym, ile „głosów” uzyskała każda z możliwych deklaracji.

$$y(j) = \sum_{i=1}^N X(i,j) \quad j = 1 \dots D \quad (2)$$

W chwili k , zgodnie z regułą decyzyjną zapisaną równaniem (3), wybierana jest ta deklaracja, która uzyskała największe poparcie ze strony wszystkich sensorów.

$$d(k) = \arg \max_j y(j) \quad (3)$$

Można pokazać, że system działający w oparciu o syntezę przez głosowanie w wielu sytuacjach może wygenerować niejednoznaczne decyzje. Aby mógł on działać skutecznie, liczba sensorów N powinna być dużo większa od liczby zdefiniowanych klas obiektów rozpoznawanych przez system D . Wydaje się jednak, że w takiej sytuacji tworzenie tego typu systemu może być nieuzasadnione ekonomicznie.

Jak już powiedziano, synteza ważona stanowi rozwinięcie syntezy przez głosowanie, polegające na tym, iż na wynik głosowania uzyskują wpływ wagi przyporządkowane poszczególnym sensorom. Wartości wspomnianych wag odzwierciedlają stopień zaufania, jakim obdarzane są decyzje danego sensora w konkretnych warunkach. Proces syntezy może być zrealizowany w oparciu o macierz X (1). Dodatkowo konstruowany jest wektor wag W ,

w którym element w_i reprezentuje stopień ufności wobec sensora i . Równanie syntezy przyjmuje następującą postać:

$$y(j) = \sum_{i=1}^N w_i X(i, j) \quad j = 1 \dots D \quad (4)$$

Decyzja informująca o wyniku syntezy podejmowana jest, jak w przypadku syntezy przez głosowanie w oparciu o równanie (3).

Kluczowym dla właściwego działania algorytmu elementem jest właściwy dobór wartości wektora W . Dlatego zaproponowano metodę pozwalającą na zautomatyzowanie tego procesu. Ideą metody jest dobór optymalnej wartości wektora W dla pewnego wybranego, reprezentatywnego zbioru deklaracji generowanych przez poszczególne występujące w systemie czujniki. Oczywiście dla wybranego zbioru znane są żądane odpowiedzi systemu. Proces optymalizacji zrealizowano przy użyciu algorytmów genetycznych. Zaproponowano i przebadano trzy funkcje oceny:

$$\Phi_1(Y) = \sum_{i=1}^D (y_i - o_i)^2 \quad (5)$$

$$\Phi_2(Y) = q \sum_{i=1}^D (y_i - o_i)^2 \quad (6)$$

$$\Phi_3(Y) = k \sum_{i=1}^D (y_i - o_i)^2 \quad (7)$$

gdzie O stanowi wektor odpowiedzi wzorcowej systemu: $o_p = 1$ dla deklaracji p -tej stanowiącej właściwą odpowiedź systemu oraz $o_i = 0$ dla $i = 1, \dots, D, i \neq p$. Współczynnik q we wzorze (6) przyjmuje wartość dostatecznie dużą (w konkretnej implementacji), aby odrzucić chromosomy, których odpowiedź jest klasyfikowana jako błędna w świetle funkcji (3). Współczynnik k we wzorze (7) stanowi element pozwalający na zwiększenie wartości funkcji oceny w podobnej jak poprzednio sytuacji. Tak więc dla odpowiedzi nieprawidłowych $k = 1$, dla prawidłowych $k > 1$. Konkretna wartość k dobierana jest eksperymentalnie.

Zasadniczo każda z funkcji oceny powinna prowadzić do znalezienia optymalnego rozwiązania, natomiast w praktyce okazuje się, że dla funkcji Φ_1 algorytm wykazuje słabą zbieżność i dla części z przeprowadzonych eksperymentów nie znalazł dobrego rozwiązania. Funkcja Φ_2 daje dobrą zbieżność, ale należy pamiętać, że w sposób arbitralny odrzuca chromosomy, których wartość jest nieprawidłowa. Z kolei funkcja Φ_3 akceptuje między innymi rozwiązania mało zróżnicowane w sensie wartości elementów wektora Y . Z jednej strony świadczy to o pewnym niezdecydowaniu systemu w danej sytuacji (co jest wadą), z drugiej pozwala na „przeżycie” w procesie ewolucyjnym osobnikom, których rozwój w przyszłości być może pójdzie w dobrą stronę. Dobrym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie funkcji Φ_3 , ale dla wartości k niewiele większych od 1.

Literatura

- [1] Grzegorz Baron, *Metoda rozpoznawania obiektów z wykorzystaniem syntezy informacji z kilku czujników obrazu*. Praca doktorska, Politechnika Śląska w Gliwicach, 2006.
- [2] David L. Hall, James L. Linas. *Handbook of Multisensor Data Fusion*, CRC Press, New York 2001.
- [3] Lawrence A. Klein, *Sensor and Data Fusion Concepts and Applications*, SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, Washington 1999.