

Leszek Chmielewski, Witold Kosiński
Pracownia Modelowania Systemów
Komputerowego Wspomagania
ORT IPPT PAN

HIERARCHICZNE ROZPOZNAWANIE OBIEKTÓW NA PODSTAWIE WIELOPOZIOMOWEJ FUNKCJI ODLEGŁOŚCI

1. Klasyczna metoda minimalnej odległości

Zagadnienie rozpoznawania na podstawie obrazu można rozumieć jako znajdowanie cech widzianych obiektów a następnie porównywanie ich ze znanymi cechami pewnych obiektów wzorcowych, które są reprezentantami klas.

W klasycznej metodzie minimalnej odległości [4] wprowadza się pojęcie odległości pomiędzy obiektem a wzorcem (reprezentantem klasy, nazywanym też prototypem), odzwierciedlającej stopień podobieństwa obiektu i wzorca. Funkcja ta zależy od różnic pomiędzy cechami wzorca i obiektu w sposób rosnący, i spełnia aksjomaty odległości. Rozpoznawany obiekt przypisujemy do tej klasy, której wzorec jest mu najbliższy w sensie tak zdefiniowanej odległości (równ. (1)), lub dla której odległość wzorca od obiektu jest nie większa od pewnej wielkości progowej, określonej dla każdej klasy (2):

$$Obj_i \in Cla_j \Leftrightarrow \forall_k Dst(Obj_i, Pat_j) \leq Dst(Obj_i, Pat_k); \quad (1)^{1)}$$

$$Obj_i \in Cla_j \Leftrightarrow Dst(Obj_i, Pat_j) \leq Thr(Cla_j), \quad (2)$$

gdzie: $i = 1, \dots, NumObj$; $j, k = 1, \dots, NumCla$.

¹⁾ Oznaczenia we wzorach - wg słownika w rozdz. 6.

2. Trudności

2.1 Uwzględnianie wzajemnej ważności cech

Aby otrzymać jedną funkcję odległości zależną od wielu cech, należy każdej z różnic cech przypisać właściwą istotność, co sprowadza się do stosowania współczynników. Weźmy przykład funkcji euklidesowej dla $NumFea$ cech, stosowanej według równania (2) z progiem równym 1 :

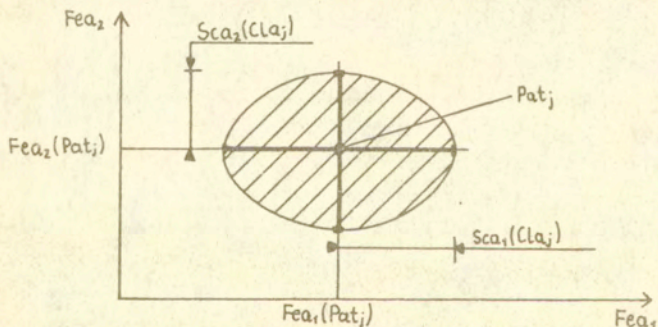
$$Dst(Obj_i, Pat_j) = \sum_{l=1}^{NumFea} (Coe_l \cdot \Delta_{ij} Fea_l)^2 \leq 1, \quad (3)$$

gdzie $\Delta_{ij} Fea_l = Fea_l(Obj_i) - Fea_l(Pat_j)$.

Często współczynniki Coe_l wiąże się z dopuszczalnym rozrzutem $Sca_l(Cla_j)$ cechy l dla danej klasy j :

$$Coe_l = Sca_l(Cla_j)^{-1}, \quad (4)$$

otrzymując elipsoidalny kształt obszarów przestrzeni cech wyznaczających klasy (Rys. 1) [4].



Rys. 1 Kształt obszaru przestrzeni cech wyznaczającego dopuszczalny zakres cech obiektów należących do klasy j według klasycznej koncepcji funkcji odległości

Jeśli któraś z cech ma charakter dyskretny (np. liczba otworów) lub logiczny (np. istnienie ostrych załamania konturu), to jej dopuszczalny rozrzut może być zerowy i równanie typu (4) nie

stosuje się. Wtedy trudno znaleźć przekonującą interpretację współczynników w (3).

2.2. Nakład obliczeń

Wybranie wzorca najbliższego obiektowi wymaga obliczenia odległości tego obiektu od wszystkich wzorców. Przy dużej liczbie cech postać funkcji odległości jest złożona i obliczenia zabierają dużo czasu. Na podstawie jednej funkcji odległości nie można ograniczyć liczby obliczeń przez wcześniejsze odrzucenie najbardziej "nieprawdopodobnych" wzorców.

3. Wielopoziomowa funkcja odległości

Dla przezwycięzenia powyższych trudności, w miejsce jednej funkcji można wprowadzić zbiór funkcji odległości, z których każda służy do obliczania odległości względem jednej lub kilku wybranych cech, np.:

$$Dst_1(Obj_i, Pat_j) = |\Delta_{ij} NumHol| ; \quad (5.1)$$

$$Dst_2(Obj_i, Pat_j) = |\Delta_{ij} (Per^2 / Are)| ; \quad (5.2)$$

$$Dst_3(Obj_i, Pat_j) = [(\Delta_{ij} I11)^2 + (\Delta_{ij} I22)^2]^{1/2} . \quad (5.3)$$

Funkcje można uszeregować (np. według stopnia ich złożoności) i traktować jak jedną, wielopoziomową funkcję odległości.

4. Hierarchiczny algorytm rozpoznawania

Algorytm rozpoznawania oparty na wielopoziomowej funkcji odległości polega na używaniu kryteriów typu (1) z odległością kolejnych poziomów do stopniowego zawężania zbioru klas do których może należeć rozpoznawany obiekt:

Formowanie listy wzorców - kandydatów

- Krok 1. Obliczamy odległość najniższego poziomu pomiędzy rozpoznawanym obiektem a wszystkimi wzorcami.
- Krok 2. Tworzymy listę wzorców-kandydatów z tych wzorców f , dla których jest spełniona nierówność:

$$Dst_{Lev}(Obj_i, Pat_j) \leq Sca_{Lev}(Pat_j), \text{ gdzie } Lev = 1. \quad (6)$$

Eliminacja

- Krok 3. Obliczamy odległość kolejnego, wyższego poziomu ($Lev := Lev+1$) dla wzorców z listy.
- Krok 4. Eliminujemy z listy te wzorce, które nie spełniają nierówności (6) dla $Lev = 2, \dots, NumLev$.
- Kroki 3 i 4 są powtarzane aż do osiągnięcia najwyższego poziomu $NumLev$ lub do uzyskania pustej listy, co oznacza obiekt nieznan.

Sortowanie

- Krok 5. Jeżeli otrzymana lista zawiera więcej niż jeden wzorzec (klasy nie są rozłączne), sortujemy ją według rosnącej odległości tego poziomu, który uważamy za najbardziej miarodajny. Bliższa pozycja wzorca na liście oznacza większe prawdopodobieństwo tego, że obiekt należy do klasy reprezentowanej przez ten wzorzec.

5. Uwagi

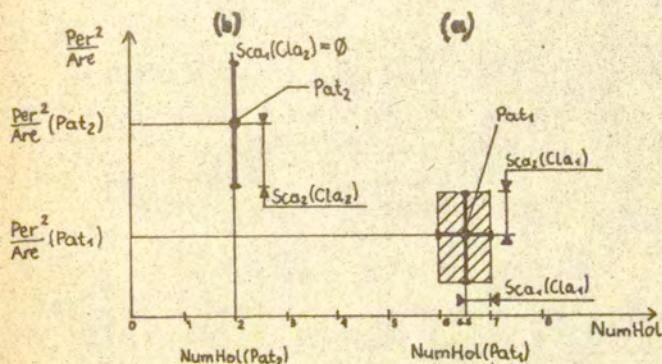
5.1. Hierarchia

W zbiorze wzorców nie wprowadza się żadnej hierarchii; stąd wiązanie nowej klasy wymaga jedynie analizy rozłączności klas. Hierarchiczna struktura procesu rozpoznawania wynika z postaci funkcji odległości i budowy algorytmu rozpoznawania.

5.2. Zakresy cech klas

Kształt obszarów przestrzeni cech wyznaczających klasy we współrzędnych określonych przez cechy zależy od postaci funkcji.

Jeżeli funkcje są liniowe względem cech obiektu i wzorca, to obszary takie są prostopadłościanami, jak np. w przypadku funkcji odległości wg. wzorów (5.1) i (5.2) (Rys. 2a). Prostopadłościany mogą być zdegenerowane (Rys. 2b). Dopuszczalne odchylenia są niezależne.



Rys. 2. Kształt obszaru przestrzeni cech wyznaczającego dopuszczalny zakres cech obiektów należących do danej klasy według dwupoziomowej funkcji odległości, na przykładzie wzorów (5.1), (5.2); (a) - przypadek ogólny; (b) - przypadek zerowego dopuszczalnego rozrzutu jednej z cech.

5.3. Efektywność zmniejszania liczby obliczeń

Zmniejszenie liczby obliczeń w stosunku do algorytmu z jedną funkcją odległości jest tym wyraźniejsze, im funkcja stosowana jako pierwsza jest prostsza obliczeniowo oraz im efektywniej ogranicza ona liczbę wzorców na liście. Te dwa wymagania są zazwyczaj sprzeczne.

5.4. Sortowanie

Do sortowania można użyć zbiorczej funkcji, uwzględniającej odległość wszystkich poziomów, za wyjątkiem tych o zerowym

rozzrucie. Można np. użyć wzorów (3) i (4), gdzie zamiast cech należy umieścić funkcje odległości kolejnych poziomów, a zamiast dopuszczalnych rozrzutów cech - dopuszczalne rozrzuty dla tych funkcji.

5.5. Roziączność klas

Klasy niekoniecznie muszą być roziączne; w szczególności nie muszą być roziączne na poszczególnych poziomach.

5.6. Inne algorytmy rozpoznawania

Wykorzystując koncepcję wielopoziomowej funkcji odległości można budować bardziej złożone algorytmy rozpoznawania, na przykład umożliwiające znajdowanie tylko tych cech rozpoznawanego obiektu, które są niezbędne do jego jednoznacznej identyfikacji.

6. Słowniczek zastosowanych skrótów oznaczeń [2]

Are (area)	: pole powierzchni	Lev (level)	: poziom
Cla (class)	: klasa	Num. (number of ..)	: liczba ..
Coe (coefficient)	: współczynnik	Obj (object)	: obiekt
Dst (distance)	: odległość	Pat (pattern)	: wzorec
Fea (feature)	: cecha	Per (perimeter)	: obwód
Hol (hole)	: otwór	Thr (threshold)	: próg
I11, I22	: główne centralne momenty bezwładności powierzchni		

7. Zakończenie

Przedstawioną koncepcję wielopoziomowej funkcji odległości i algorytm omówiony w rozdziałach 4 i 5.4 zaimplementowano w programie LOOK [1], rozpoznającym piaskie, nie stykające się ze

sobą obiekty na obrazie binarnym. Użyto trzypoziomowej funkcji odległości (wg wzorów (5)).

Prowadzone są prace nad zastosowaniem w tym algorytmie cech, jakie można znaleźć na podstawie reprezentacji brzegu obiektów opisanej w pracy [3], rozdz. 2 .

LITERATURA

1. L. Chmielewski, W. Kosiński, *Oprogramowanie do rozpoznawania płaskich, całkowicie widocznych obiektów na obrazie binarnym*, Sprawozdanie naukowe, PMSKW, ORT, IPPT PAN, 1987.
2. L. Chmielewski, *Propozycja standardu nazw zmiennych w programach analizy obrazu*, w tym tomie.
3. T. Gawlik, *Rozbudowa bazy danych dla obrazów binarnych z kamery D-CAM*, w tym tomie.
4. J. T. Tou, R. C. Gonzalez, *Pattern Recognition Principles*, Advanced Books Program, Addison-Wesley Publishing Comp., Inc., Reading, Massachusetts, 1974.