

Formalnie o rozpoznawaniu

$$\forall_{\substack{\eta \in I \\ \eta \neq \mu}} [C^\eta(\underline{x}) < C^\mu(\underline{x})] \wedge \frac{C^\mu(\underline{x})}{\sum_{\nu=1}^L C^\nu(\underline{x})} < \frac{1}{1 + L\varepsilon}.$$

Wykorzystane materiały:

R. Tadeusiewicz, M. Flasiwicz, *Rozpoznawanie obrazów*, Wyd. PWN, 1991

Klasyfikacja jako punkt wyjścia do rozpoznawania

- D – zbiór obiektów lub zjawisk podlegających rozpoznawaniu
 - na przykład: zbiór obrazów do rozpoznania
- K – relacja, odwzorowująca zbiór D na kolekcję klas równoważności $\{D^i\}$
- K będziemy nazywać **klasyfikacją**
 - na przykład: gatunki zwierząt do rozpoznania
- I – zbiór indeksów klas; L – liczba klas
- Istnieje odwzorowanie A , odwzorowujące D w I
 - na przykład: nazwy gatunków zwierząt

$$D = \bigcup_{i \in I} D^i$$

Zadanie rozpoznawania

- Chcemy skonstruować **algorytm** realizujący odwzorowanie

$$A : D \rightarrow I \cup \{i_0\}$$

tak, aby pewna miara (**ocena jakości algorytmu rozpoznawania**) była jak najmniejsza

- Jednoelementowy zbiór $\{i_0\}$ – decyzja typu „**nie wiem**”
- Czasem dopuszcza się **rozpoznanie warunkowe**, tzn. jako rozpoznanie akceptuje się dowolny podzbiór I
 - na przykład: rozpoznamy zwierzę czworonożne

$$\hat{A} : D \rightarrow 2^I$$

Elementy składowe rozpoznania

- Odwzorowanie A jest realizowane jako **złożenie trzech odwzorowań**:

$$A = F \cdot C \cdot B$$

- Pierwsze z nich nazywamy **recepcją**:

$$B : D \rightarrow X$$

- Drugie oznacza obliczanie wartości tak zwanych **funkcji przynależności**:

$$C : X \rightarrow R^L$$

- Ostatnie oznacza proces **podjmowania decyzji**:

$$F : R^L \rightarrow I \cup \{i_o\}$$

$$F : R^L \rightarrow 2^I$$

Przykład

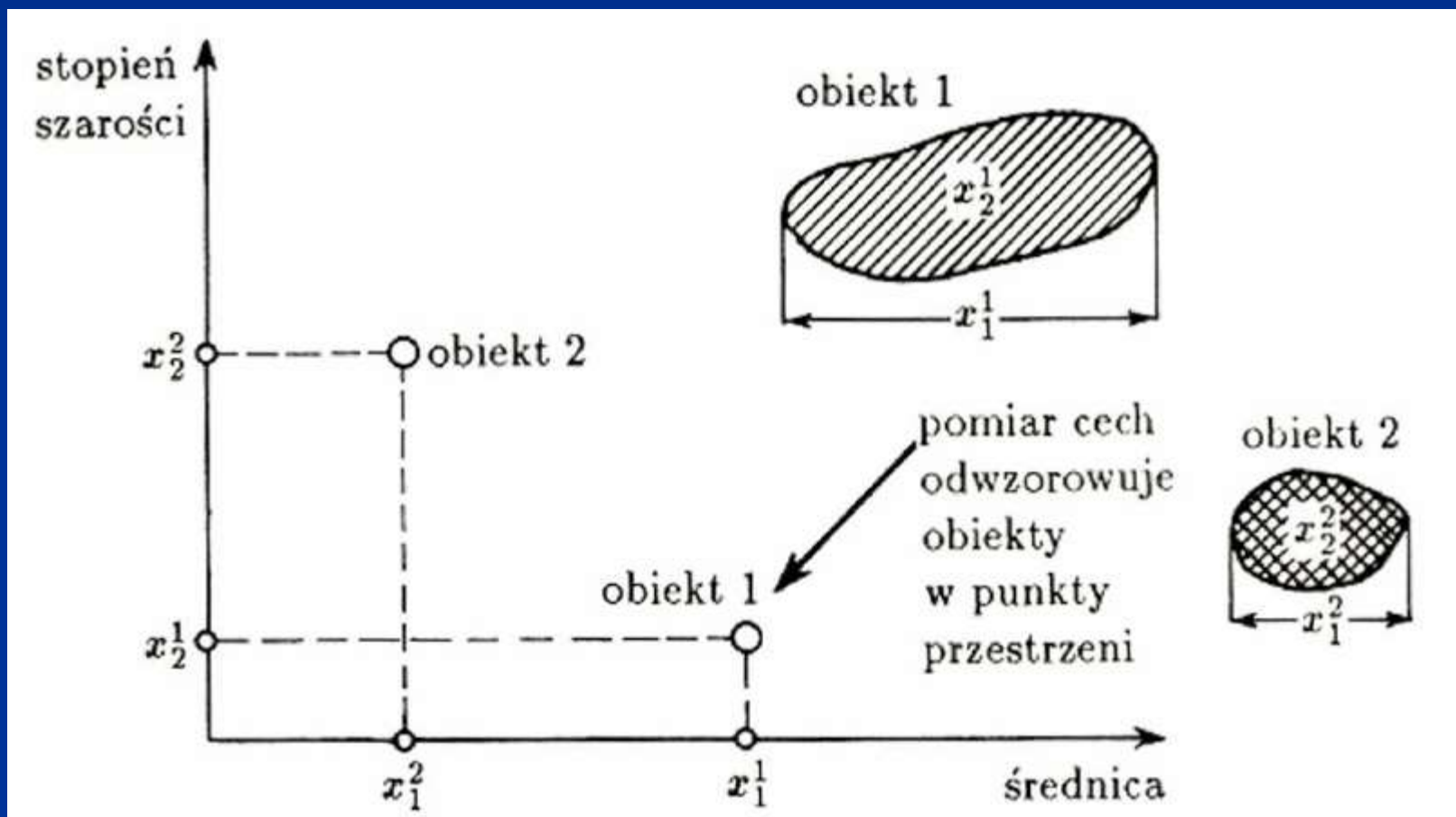
- W systemach wizyjnych robotów przemysłowych **odwzorowanie B** polega na wprowadzeniu potrzebnego obrazu do komputera (za pomocą kamery) oraz na obliczeniu wybranych cech rozpoznawanych obiektów
- Na podstawie tych cech określone są miary podobieństwa do znanych wzorców (odpowiada to **odwzorowaniu C**)
- Następnie podejmowana jest (przez sterownik robota) decyzja, który obiekt należy pochwycić (**odwzorowanie F**)

Recepcja i struktura przestrzeni cech

- Początkowym elementem każdego algorytmu rozpoznającego jest **pomiar cech** wszystkich obiektów - zarówno wzorcowych, należących do ciągu uczącego, jak i podlegających rozpoznawaniu
- Określenie cech prowadzi do zamiany obiektów należących do D w punkty pewnej przestrzeni
- Symbol X oznacza właśnie tę **przestrzeń cech**
 - Jej struktura jest z reguły arbitralna i zdeterminowana głównie przez możliwości pomiarowe
- Elementami przestrzeni cech X są **wektory n -elementowe**
- Składowe tych wektorów określają **ilościową** miarę określonej cechy

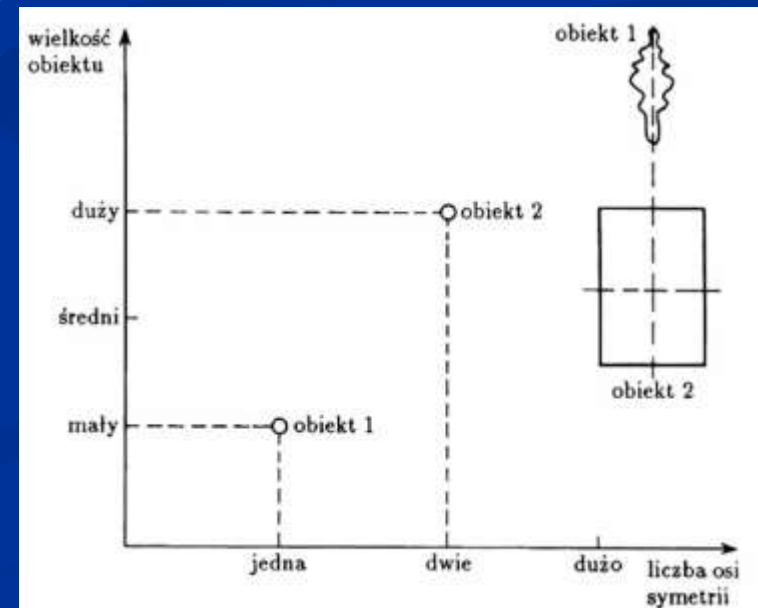
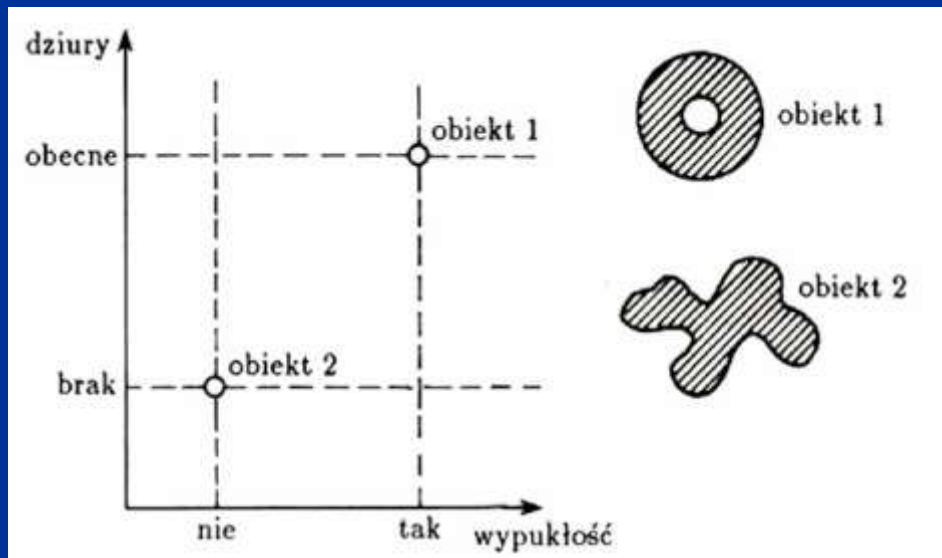
Przykład

- Rozpoznawane obiekty mogą być traktowane jako punkty w przestrzeni cech



Opis cech nie za pomocą liczb

- Sytuacja, kiedy cechy mogą być interpretowane jako liczby, jest najkorzystniejsza, jakkolwiek nie jedyna
- Cechami w ogólnym przypadku mogą być również pojedyncze bity sygnalizujące **obecność lub brak** określonej właściwości rozważanego obiektu, a także symbole kodowe (nazwy) określające wartości **cech porządkowych** lub wręcz **jakościowych** rozważanych obiektów



Wybór cech

- Rodzaj i własności wybranej przestrzeni cech **bardzo silnie wpływają** na dalszy tok procesu rozpoznawania
- Obiekty należące do D mają potencjalnie **nieskończenie wiele cech**, a odwzorowanie B prowadzące do n -wymiarowej przestrzeni cech X związane jest zawsze z **utrata części informacji**
- Jeśli utracona zostanie informacja istotna z punktu widzenia celów rozpoznawania, a w przestrzeni cech uwzględni się wyłącznie cechy mało ważne, to straty tej nie da się zrekompensować żadnymi późniejszymi wysiłkami

Zasada Brawermanna

- Cechy muszą być tak dobrane, aby w przestrzeni cech X punkty odpowiadające obiektom należącym do jednej klasy grupowały się w postaci skupisk możliwie maksymalnie zwartych wewnętrznie i możliwie najbardziej oddalonych od podobnych skupisk dla innych klas
- Jest to ogólna zasada, trudna do praktycznego, bezpośredniego wykorzystania

Szanse na automatyczny wybór cech

- Systemy ekspertowe
- Logika rozmyta
- Inżynieria danych (Big Data)

Trudności w pozyskiwaniu cech

- Dotychczas zakładaliśmy, że wszystkie cechy X są dostępne **równocześnie**
- Tymczasem proces pozyskiwania cech może wiązać się z pewnymi **trudnościami** (na przykład kosztami) i zwykle jest rozłożony w czasie
 - Na przykład: zwykle na RTG wykonuje się tzw. „mały obrazek”, z ograniczoną rozdzielczością, co determinuje mniejszą liczbę cech. Dopiero gdy jest taka konieczność, wykonuje się „duży obrazek”, dający więcej informacji

$$B^e : D \rightarrow 2^X$$

Funkcje przynależności

- Cel: ustalenie miary prawdopodobieństwa nieznanego obiektu z D do poszczególnych klas D_i
- Klas jest L , w wyniku odwzorowania powstaje więc L liczb rzeczywistych

$$C : X \rightarrow R^L$$

- Wartości tych funkcji (których jest oczywiście L) określają miarę przynależności nieznanego obiektu (dla którego odwzorowanie B określiło wektor cech) do poszczególnych klas D_i ($i=1,2,\dots,L$)
- Poszczególne metody rozpoznawania różnią się głównie sposobem realizacji odwzorowania C

Podjmowanie decyzji

- Chcemy ustalić ostateczną decyzję (**definitywne rozpoznanie lub jego brak**)
- Podjmowana jest decyzja o przynależności obiektu opisywanego wektorem cech do tej klasy, dla której wartość funkcji przynależności $C_i(x)$ jest maksymalna
- Rzadko akceptujemy definicję odwzorowania F , dopuszczającą rozpoznania wieloznaczne

Decyzja neutralna

- Decyzję neutralną można podejmować w następujących przypadkach (do wyboru przez projektanta algorytmu):
- Gdy **stopień dominacji** funkcji przynależności $C_i(x)$ maksymalnej (co do bieżącej wartości) nad kolejną następną co do wartości funkcją przynależności $C_i(x)$ jest zbyt mały (mniejszy od założonej wartości)
- Gdy **wartość** dominującej funkcji przynależności $C_i(x)$ jest za mała (mniejsza od założonej wartości progowej)
- Gdy **stosunek wartości** dominującej funkcji przynależności $C_i(x)$ do sumy wszystkich wartości funkcji przynależności nie wskazuje na to, że dominacja ma charakter zdecydowany i jednoznaczny

Ciąg uczący

- Twórca algorytmu A dysponuje zazwyczaj jedynie wiedzą na temat ciągu uczącego U , nie ma natomiast dostępu do informacji charakteryzujących w całości odwzorowanie A
- Elementy ze zbioru U nazywamy **przykładami**
- Wybór elementów należących do ciągu uczącego U powinien zapewniać jego **reprezentatywność**
- W praktyce ciąg ten zazwyczaj stanowi próbkę losowo pobraną ze zbioru D , zatem jego reprezentatywność może być dyskusyjna
- Jedną z metod polepszania reprezentatywności ciągu uczącego jest jego **wydłużanie**