


Wrocław University of Technology

System wieloklasyfikatorowy

Kombinowanie klasyfikatorów bazowych z uczeniem nadzorowanym

Marek Kurzyński

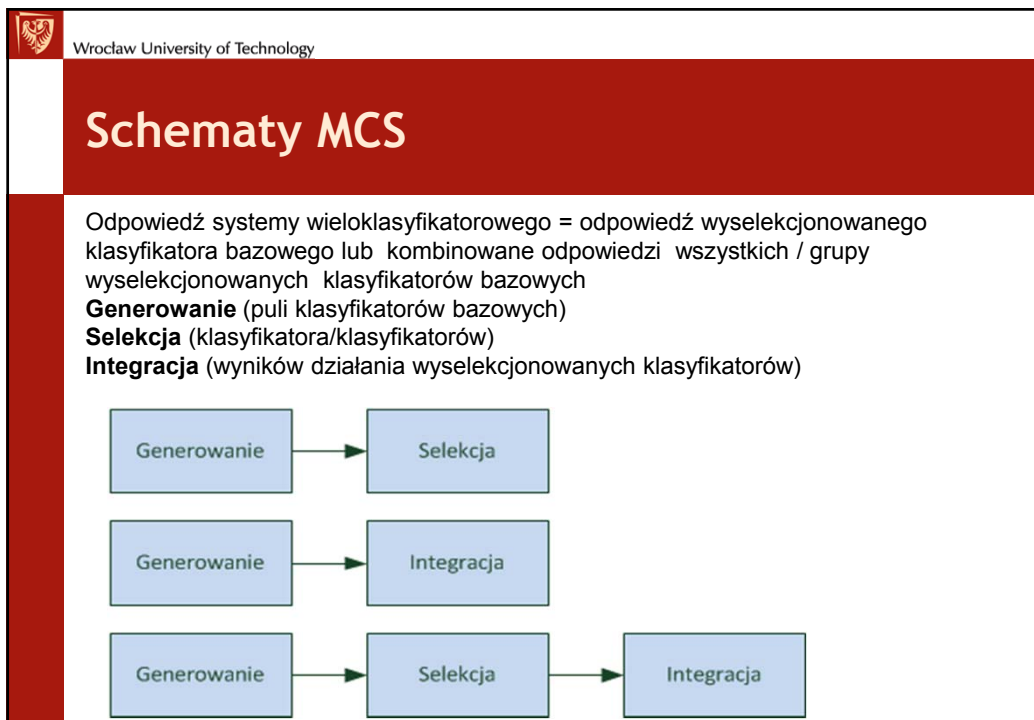
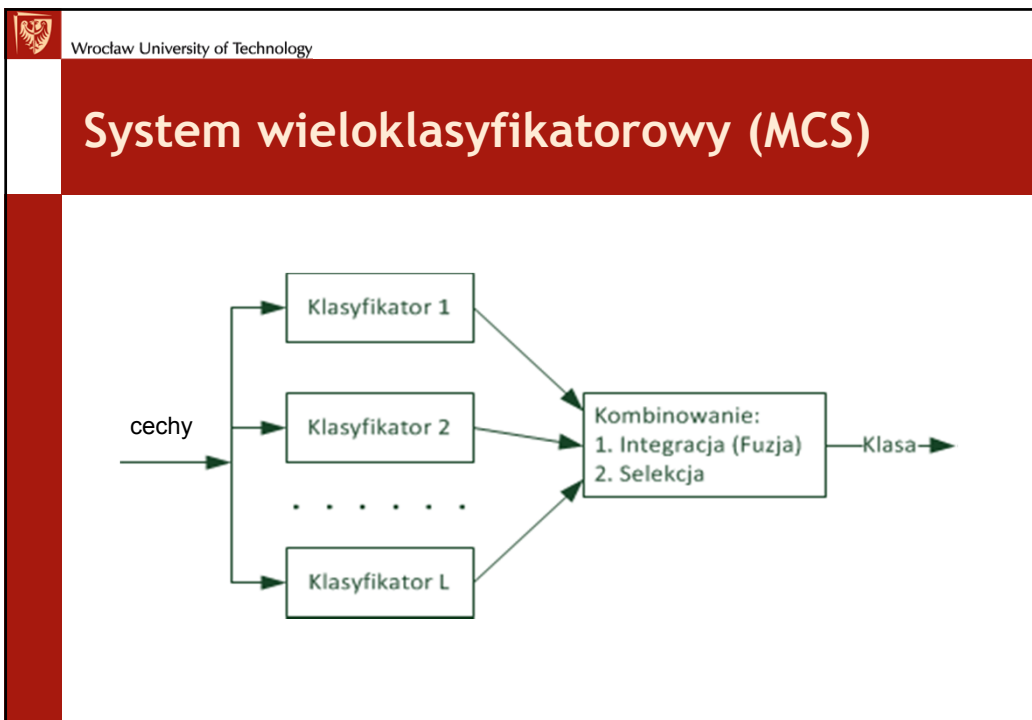
Politechnika Wrocławska,
Katedra Systemów i Sieci Komputerowych
marek.kurzynski@pwr.edu.pl



Wrocław University of Technology

Plan wykładu

- Systemy wieloklasyfikatorowe (MCS)
- Metody dynamicznej selekcji (zespołu) klasyfikatorów (DCS (DES))
- Miara kompetencji wykorzystująca zrandomizowany klasyfikator referencyjny (RRC)
- Metody DES i DCS z zaproponowaną miarą kompetencji
- Badania eksperymentalne -analiza porównawcza MCS
- Wykorzystanie RRC do wyznaczania miary dywersyfikacji zespołu klasyfikatorów
- Przykład zastosowania opracowanego MCS - rozpoznawanie ruchów chwytanych dłoni na podstawie biosygnatów (EMG, MMG)



Wrocław University of Technology

Generowanie (puli klasyfikatorów bazowych)

T. Dietterich, *Ensemble methods in machine learning*, LNCS 1857, 1-15 (2000)

Klasyfikator dokładny (*accurate*), to taki, którego częstość błędów (*error rate*) klasyfikacji dla nowych obiektów jest mniejsza niż odpadywania losowego.
Dwa klasyfikatory są zróżnicowane (zdywersyfikowane) jeśli robią różne błędy klasyfikacji nowych obiektów

```

graph LR
    A[Generowanie klasyfikatorów bazowych] --> B[Heterogeniczne]
    A --> C[Homogeniczne]
    B --> D[Różne przestrzenie cech]
    C --> E[Różne zbiory uczące]
    C --> F[Różne parametry klasyfikatorów]
  
```

Wrocław University of Technology


Selekcja (klasyfikatora/klasyfikatorów)

Selekcja statyczna – wybieramy ten sam klasyfikator/ te same klasyfikatory dla wszystkich obiektów testujących (wynik selekcji nie zależy od cech obiektu)

Dynamiczna selekcja klasyfikatora (DCS) / zespołu klasyfikatorów (DES) - wybieramy klasyfikator/klasyfikatory dla każdego obiektu testowego (wynik selekcji zależy od cech klasyfikowanego obiektu)

```

graph LR
    A[Selekcja] --> B[Statyczna]
    A --> C[Dynamiczna]
    C --> D[Miara indywidualna (kompetencja)]
    C --> E[Kompetencja + Miara grupowa (dywersyfikacja)]
  
```


Wrocław University of Technology

Integracja (Fuzja)

J. Kittler, M. Hatef, R. Duin, J. Matas, On combining classifier, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 20, 226 – 239 (1998)


Jain, R. Duin, Statistical pattern recognition - A review, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 22, 4 – 37 (2000)

L. Kuncheva, A theoretical study on six classifier fusion strategies, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 24 281–286 (2002).

Jest potrzebna gdy nie ma fazy selekcji, lub gdy wybieramy zespół klasyfikatorów

Przykłady metod integracji (fuzji):


1. Głosowanie większościowe (MV) (metoda bez uczenia)
2. Ważone głosowanie większościowe (metoda z uczeniem nadzorowanym – potrzebny jest zbiór walidacyjny, na podstawie którego wyznaczamy kompetencje klasyfikatorów bazowych (wagi))


Wrocław University of Technology

DCS-PFE (Potential function estimate)

L. Rastrigin, R. Ernstein, Method of collective recognition, Energoizdat, Moskwa 1981 (in Russian)

W każdym punkcie walidacyjnym jest umieszczona źródłowa kompetencja równa 1 (-1) jeśli bazowy klasyfikator prawidłowo (nieprawidłowo) rozpoznał dany obiekt. Kompetencja w punkcie $x \in X$ jest sumą kompetencji źródłowych mnożonych przez funkcję potencjałową (maleje ze wzrostem odległości punktu walidacyjnego od obiektu rozpoznawanego).



Wrocław University of Technology

DCS-LA (Local accuracy)

K. Woods, W. Kegelmeyer, K. Bowyer, Combination of multiple classifiers using local accuracy estimates, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 19, 405 – 410 (1997)

Pierwsza wersja:
Miarą kompetencji klasyfikatora bazowego w punkcie $x \in X$ jest frakcja poprawnie sklasyfikowanych obiektów walidacyjnych spośród k najbliższych obiektowi x

Druga wersja:
Miarą kompetencji klasyfikatora bazowego w punkcie $x \in X$ jest frakcja poprawnie sklasyfikowanych obiektów walidacyjnych spośród k najbliższych obiektowi x i należących do klasy przypisanych przez oceniany klasyfikator rozpoznawanemu obiektowi x .


Wrocław University of Technology


DCS-MLA (Modified local accuracy)

P. C. Smits, Multiple classifier systems for supervised remote sensing image classification based on dynamics classifier selection, IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing 40, 801 – 813 (2002)

Dla obiektu rozpoznawanego $x \in X$ wyznaczamy zbiór k najbliższych obiektów walidacyjnych

Dla wyznaczonych obiektów walidacyjnych określamy miarę „bliskości” do obiektu rozpoznawanego (dla najbliższego sąsiada miara ta jest równa 1, dla obiektu $(k+1)$ -wszego jest równa 0)

Miarą kompetencji klasyfikatora bazowego jest suma miar „bliskości” obiektów walidacyjnych poprawnie rozpoznanych.


Wrocław University of Technology


DES - MCB (Multiple classifier behaviour)

G. Giacinto, F. Roli, Dynamic classifier selection based on multiple classifier behaviour, *Pattern Recognition* 34, 1879 – 1881 (2001)

Dla obiektu rozpoznawanego $x \in X$ i dla jego k najbliższych sąsiadów ze zbioru walidacyjnego wyznaczany jest profil decyzyjny (wektor numerów klas zwróconych przez wszystkie bazowe klasyfikatory).

Wyznaczana jest uśredniona odległość Hamminga profili decyzyjnych k najbliższych obiektów walidacyjnych od profilu obiektu rozpoznawanego – obiekty dla których ta odległość jest mniejsza od przyjętego progu (0.5) stanowią ścisłe otoczenia rozpoznawanego obiektu.

Miara kompetencji klasyfikatora bazowego to częstość poprawnej klasyfikacji dla obiektów ze ścisłego otoczenia.


Wrocław University of Technology

DES - KE (k-nearest-oracle eliminate)

H. Ko, R. Sabourin, A. Britto, From dynamic classifier selection to dynamic ensemble selection, *Pattern Recognition* 41, 1718 – 1731 (2008)

Tworzymy wtórny zbiór walidacyjny złożony z obiektów walidacyjnych prawidłowo rozpoznanych przynajmniej przez jeden klasyfikator bazowy.

Wyznaczamy k najbliższych sąsiadów spośród obiektów walidacyjnych z wtórnego zbioru dla obiektu rozpoznawanego $x \in X$.

Klasyfikatory bazowe, które klasyfikują prawidłowo wszystkie k najbliższe obiekty walidacyjne tworzą wyselekcjonowany zespół klasyfikatorów do rozpoznawania obiektu x (metodą MV)

Jeśli nie ma takich klasyfikatorów bazowych, to zmniejszamy k o 1 i powtarzamy procedurę.