

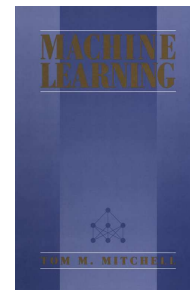
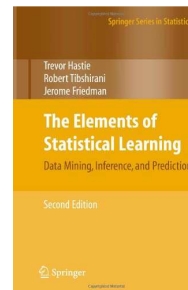
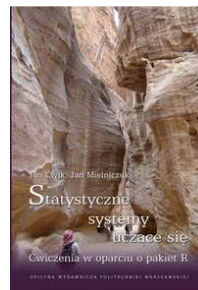
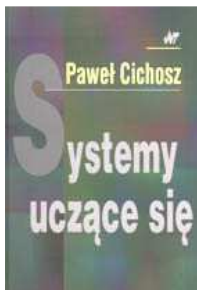
# SZTUCZNA INTELIGENCJA

## WYKŁAD 3. SYSTEMY UCZĄCE SIĘ

Dr hab. inż. Grzegorz Dudek  
Wydział Elektryczny  
Politechnika Częstochowska

Częstochowa 2014

- [Cic]<sup>\*</sup> Cichosz P.: *Systemy uczące się*. WNT, 2003 (i nowsze)
- [Kor]<sup>\*</sup> Koronacki J., Ćwik J.: *Statystyczne systemy uczące się*. WNT, 2005 (i nowsze).
- [Sko] Skorzybut M., Krzyśko M., Górecki T., Wołyński W.: *Systemy uczące się. Rozpoznawanie wzorców analiza skupień i redukcja wymiarowości*. WNT 2009 (i nowsze).
- [Cwi] Ćwik J., Mielniczuk J.: *Statystyczne systemy uczące się. Ćwiczenia w oparciu o pakiet R*. WNT 2009.
- [Tib] Hastie T., Tibshirani R., Friedman J.: *The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer, 2009. (<http://statweb.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>)
- [Mit] Mitchell, T. M.: *Machine Learning*, McGraw-Hill, 1997.



<sup>\*</sup> Literatura podstawowa do przedmiotu

**Systemy uczące się** (SUS, uczenie maszynowe, *machine learning*) – dziedzina wiedzy łącząca sztuczną inteligencję, statystykę i rozpoznawanie obrazów, która obejmuje budowę i analizę sztucznych systemów zdolnych do uczenia się na podstawie danych.

**Uczeniem się systemu** jest każda autonomiczna zmiana w systemie zachodząca na podstawie doświadczeń, która prowadzi do poprawy jakości jego działania. Zmiana dotyczy "parametrów" systemu, które reprezentują wiedzę lub umiejętności systemu (inaczej jego hipotezę) i decydują o jego działaniu.

**System uczący się** (uczeń) – program komputerowy wykorzystujący pewien abstrakcyjny "parametryzowany" algorytm rozwiązujący pewien problem. Uczenie się polega na dobraniu na podstawie doświadczeń (informacji trenującej) odpowiednich "parametrów".

Wiedza może być:

- **deklaratywna** (opisująca obiekty, sytuacje, związki)
- **proceduralna** (umiejętności; opisująca strategie osiągnięcia celów)

*Przykład – reprezentacja wiedzy dot. kolejności liter*

Podjęcie deklaratywne:

Fakty: A stoi przed B, B stoi przed C, C stoi przed D, ...

Reguła: Jeżeli (X stoi przed Y) i (Y stoi przed Z) to (X stoi przed Z)

Podjęcie proceduralne:

Procedura, która porównuje kolejność liter wykorzystując ich kody ASCII

- Dla naprawdę złożonych zadań trudno jest sformułować wprost ustalone, pełne i poprawne algorytmy ich rozwiązywania. Złożone problemy są trudne do opisu, często nie posiadają wystarczających modeli teoretycznych albo ich uzyskanie jest bardzo kosztowne.
- Środowisko lub warunki ulegają zmianie po uruchomieniu programu. Program powinien posiadać zdolność adaptacji.
- Inteligentne systemy powinny być w maksymalnym stopniu autonomiczne, czyli zdolne do działania bez (zbyt dużej) ingerencji człowieka, co nie jest możliwe bez adaptacyjności, zdolności do przystosowywania się do zmieniających się środowisk i wymagań.
- Często zbiory dostępnych danych są zbyt duże i skomplikowane, aby można było wyszukiwać w nich zależności, klasyfikować obiekty itd. w sposób niezautomatyzowany.

Systemy uczące się klasyfikuje się w zależności od:

- metody reprezentacji wiedzy,
- sposobu używania wiedzy,
- źródła i postaci informacji trenującej oraz
- mechanizmu nabywania i doskonalenia wiedzy.

**Reprezentacja symboliczna** – zorganizowane napisy, którym można przypisać interpretację

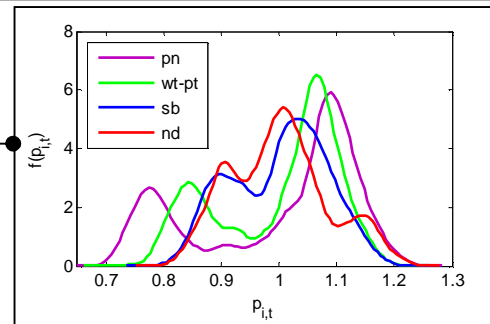
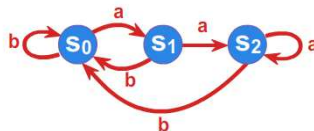
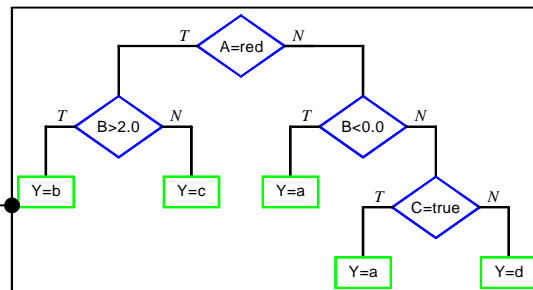
np.  $A \wedge B \rightarrow C$

**Reprezentacja subsymboliczna** – np. zbiory liczb lub łańcuchów binarnych, które łącznie reprezentują pewną wiedzę, wyrażoną zwykle w postaci niezrozumiałej dla człowieka

np. 001010100100100100001010101...

Przykłady metod reprezentacji wiedzy:

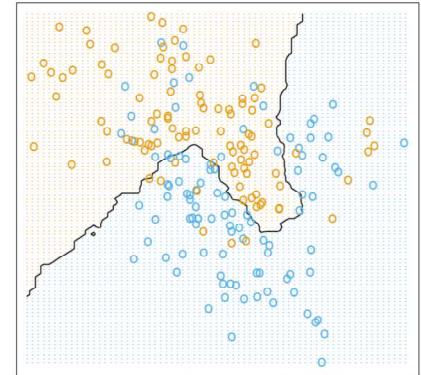
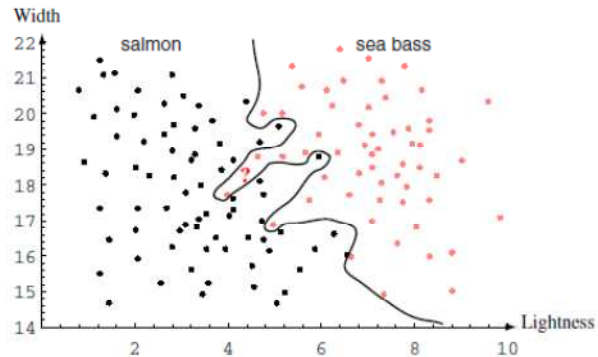
- drzewa decyzyjne
- reguły: IF  $a > 5$  AND  $b = 1$  THEN  $C = \text{true}$
- formuły logiki predykatów:  $\neg(a \vee b) \equiv \neg a \wedge \neg b$
- rozkłady prawdopodobieństw
- automaty skończone



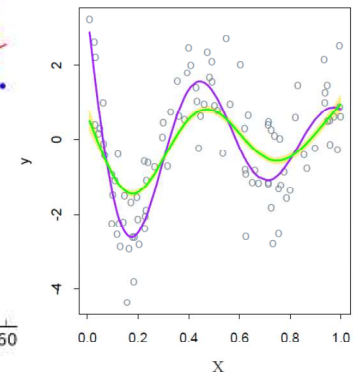
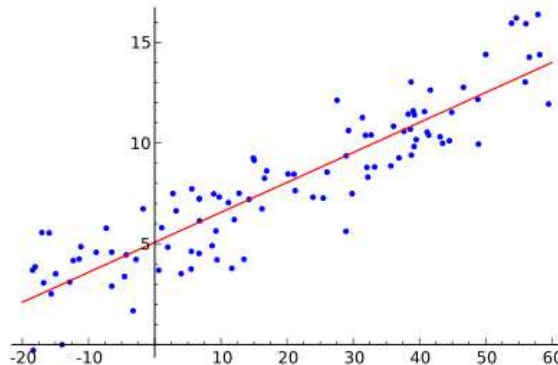
# SPOSÓB UŻYWANIA WIEDZY

Sposób używania wiedzy zdeterminowany jest zadaniem stojącym przed systemem. Do najbardziej typowych zadań należą:

- klasyfikacja, uczenie się pojęć



- aproksymacja funkcji (regresja)



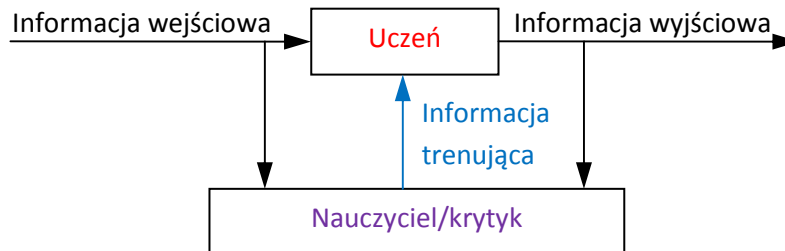


# ŹRÓDŁA I POSTAĆ INFORMACJI TRENUJĄCEJ

Gdy źródłem informacji trenującej jest "nauczyciel", który podpowiada pożądaną odpowiedź systemowi, mówimy o **uczeniu nadzorowanym**.

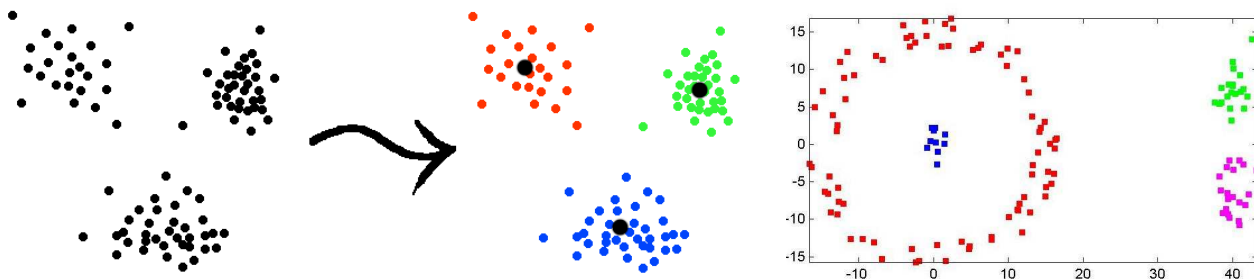
Zadanie SUS – poprawne (pożądane) odpowiedzi na informacje wejściowe (wektory wejściowe).  
Proces uczenia polega na określeniu algorytmu generowania tych odpowiedzi.

**Informacja trenująca** instruuje ucznia, co do właściwego sposobu odpowiadania.



# ŹRÓDŁA I POSTAĆ INFORMACJI TRENUJĄCEJ

Gdy informacja trenująca jest niedostępna, mamy do czynienia z **uczeniem bez nadzoru**. Wtedy system uczy się właściwych odpowiedzi wyłącznie na podstawie informacji wejściowej. Przykładem uczenia bez nauczyciela jest **grupowanie danych**.



Inne metody uczenia:

- z wyrocznią (uczeń zadaje pytania)
- przez eksperymentowanie (np. obserwowanie konsekwencji generowania pewnych wyjść)
- ze wzmocnieniem (z krytykiem)

# MECHANIZM NABYWANIA WIEDZY

---

Mechanizm nabywania wiedzy ma najczęściej charakter **indukcyjny** – jednostkowa informacja trenująca jest generalizowana w celu uzyskania ogólnej wiedzy.

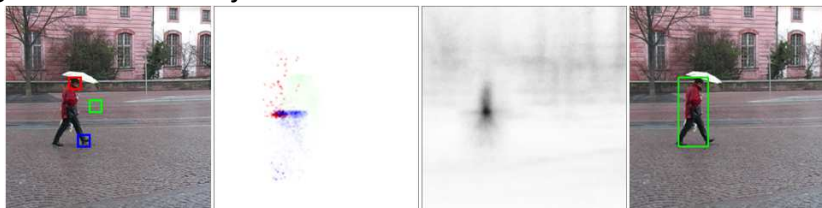
**Indukcja** – wnioskowanie, polegające na wyprowadzeniu ogólnych wniosków z przesłanek, które są poszczególnymi przypadkami tych wniosków. W naukach empirycznych metoda polegająca na wprowadzeniu uogólnień na podstawie eksperymentów i obserwacji faktów, formułowaniu i weryfikacji hipotez.

Strategie uczenia się można podzielić na:

- bezpośrednie zapisanie wiedzy
- pozyskiwanie wiedzy na podstawie instrukcji
- pozyskiwanie wiedzy na podstawie analogii
- pozyskiwanie wiedzy na podstawie przykładów

- Odkrycia w bazach danych (data mining)
- Inteligentne sterowanie
- Robotyka
- Inżynieria oprogramowania
- Diagnostyka medyczna i techniczna
- Klasyfikowanie dokumentów (selekcja stron www, identyfikacja spamu)
- Prognozowanie (pogody, giełdy, zapotrzebowania, ...)
- Rozpoznawanie obrazów (pisma, mowy, twarzy, genów, ...)
- Detekcja zdarzeń nietypowych
- Grupowanie obiektów (dokumentów, genów, ...)
- ...

## Class-Specific Hough Forests for Object Detection



Each patch votes for the object centroid.

Votes from the three patches.

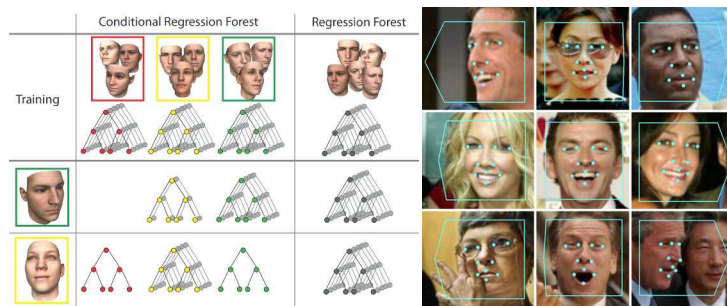
Hough image accumulates the votes from all patches.

Detection.

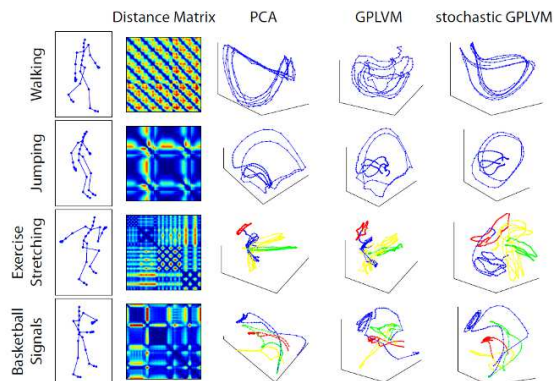
## Human Pose Estimation using Body Parts Dependent Joint Regressors



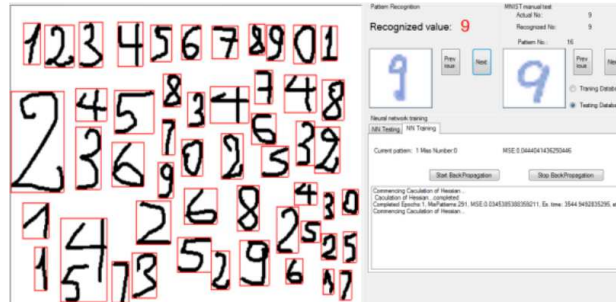
## Real-time Facial Feature Detection using Conditional Regression Forests



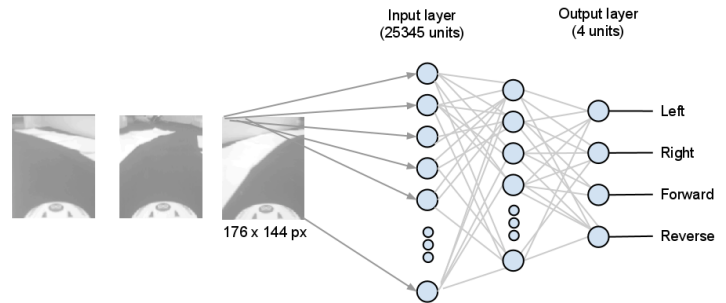
## Learning Probabilistic Non-Linear Latent Variable Models for Tracking Complex Activities



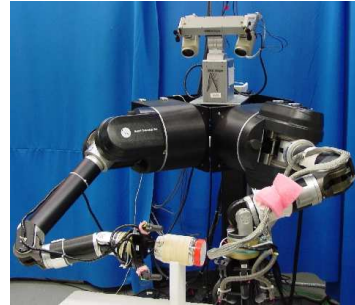
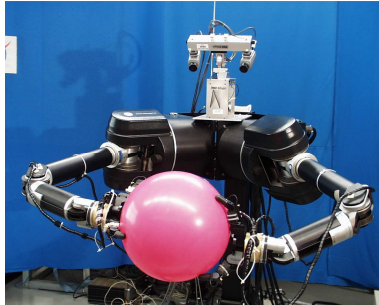
## Neural Network for Recognition of Handwritten Digits in C#



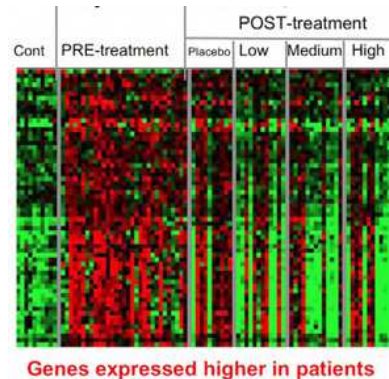
How I built a neural network controlled self-driving (RC) car! (<http://blog.davidsingleton.org/nnrccar/>)



Learning to Prospectively Select Grasps (<http://www.cs.ou.edu/~fagg/research/robotics.html>)

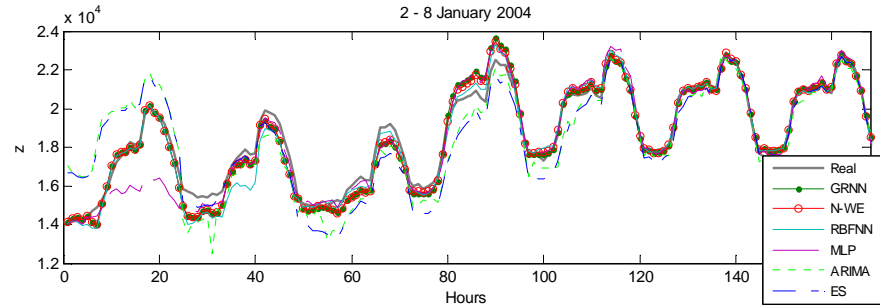
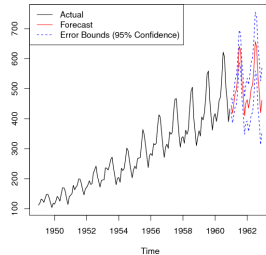


Microarray data - supervised clustering of some of the 142 most significantly changed genes





## Time Series Forecasting



## Anomaly Detection and Localization in Crowded Scenes

