

# *SIECI NEURONOWE*

## *Wprowadzenie*



**JOANNA GRABSKA-CHRZĄSTOWSKA**

Wykłady w dużej mierze przygotowane w oparciu o materiały i pomysły

**PROF. RYSZARDA TADEUSIEWICZA**

# WYKŁADOWCA

**JOANNA GRABSKA – CHRZĄSTOWSKA**

**KATEDRA AUTOMATYKI  
I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ  
AGH w Krakowie  
WYDZIAŁ EAIiB**

**paw. C3, p. 106, tel. 12 617 38 55**

**e-mail: [asior@agh.edu.pl](mailto:asior@agh.edu.pl)  
Strona internetowa: [home.agh.edu.pl/~asior](http://home.agh.edu.pl/~asior)**

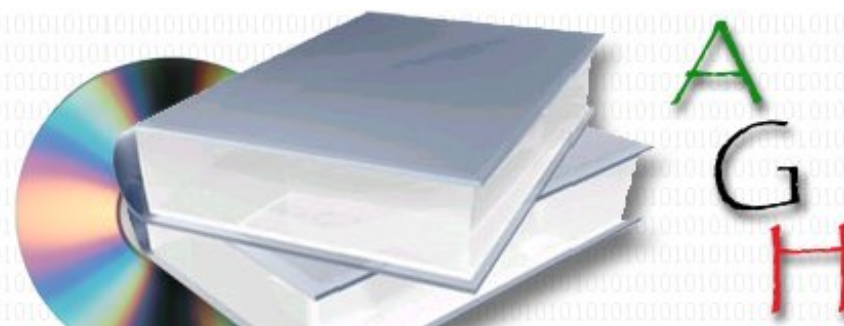
# *PLAN WYKŁADU*

- Wstęp do zagadnień związanych z sieciami neuronowymi:  
literatura, historia, zastosowania
- Podstawy neurofizjologii
- Modele neuronu .
- Liniowe sieci neuronowe
- Sieci nieliniowe – reguła DELTA, algorytm backpropagation, i jego modyfikacje
- Sieci RBF (Radial Basis Function)
- Sieci uczone bez nauczyciela – sieci samouczące się, sieci Kohonena
- Sieci LVQ (Learning Vector Quantization)
- Sieci z kontrpropagacją CP (CounterPropagation)
- Sieci rezonansowe ART (Adaptive Resonance Theory)
- Sieci rekurencyjne – sieć Hopfielda
- Inne rodzaje sieci (m.in. Sieci impulsowe – Spiking NN)

# *LITERATURA PODSTAWOWA*

1. Tadeusiewicz R. Sieci neuronowe. Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa, 1993.
2. Tadeusiewicz R., Odkrywanie właściwości sieci neuronowych przy użyciu programów w języku C #, PAU, Kraków 2007.
3. Żurada J., Barski M., Jędruch M. Sztuczne sieci neuronowe. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1996.
4. Fausett L., Fundamentals of Neural Networks. Prentice Hall, 1994.
5. Masters T., Sieci neuronowe w praktyce, programowanie w języku C++, WNT Warszawa 1996.
6. Kohonen T., Self-Organization Map, Springer 1995.
7. red. Nałęcz T., Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2013, Tom 9: Sieci neuronowe w inżynierii biomedycznej, EXIT 2013.

# Akademicka Biblioteka Cyfrowa



Start	Przeszukiwanie złożone	Przeszukiwanie zaawansowane	Schówek: 0 poz.	Zachowaj sesję	Pomoc	Zakończ sesję
-------	------------------------	-----------------------------	-----------------	----------------	-------	---------------

## Wyszukiwanie w kolekcjach

Terminy wyszukiwawcze:

Sieci Neuronowe

Tytuł

- wszystkie
- skrypty uczelniane AGH
- materiały konferencyjne:
- monografie
- rozprawy doktorskie
- druki XIX i XX-wieczne (do 1945 r.)
- czasopisma naukowe AGH:
- multimedialne katalogi wystaw BG AGH
- rękopisy i starodruki

Szukaj

## Witamy w Akademickiej Bibliotece Cyfrowej Akademii Górniczo-Hutniczej (ABC AGH)!

W ramach Internetu elektroniczne zasoby wydane lub pozyskane przez Bibliotekę Cyfrową ABC AGH w celu ich udostępnienia i udostępnienia. Celem jest wspomaganie procesów dydaktycznych i naukowych realizowanych w naszej Uczelni.

Prezentujemy Państwu wybrane skrypty uczelniane, monografie, materiały konferencyjne, artykuły z czasopism naukowych AGH, rozprawy doktorskie (obecnie tylko spisy treści), druki XIX i XX-wieczne oraz multimedialne katalogi wystaw organizowanych w BG AGH.

Wszystkie materiały udostępniamy zgodnie z *Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych*. W niektórych przypadkach wprowadziliśmy ograniczenia w dostępie do tekstów wynikające z rygorów licencji.

### Więcej o ABC AGH...

#### e-Czasopisma (pełne teksty)

Pełne teksty czasopism zagranicznych

#### Inne biblioteki cyfrowe

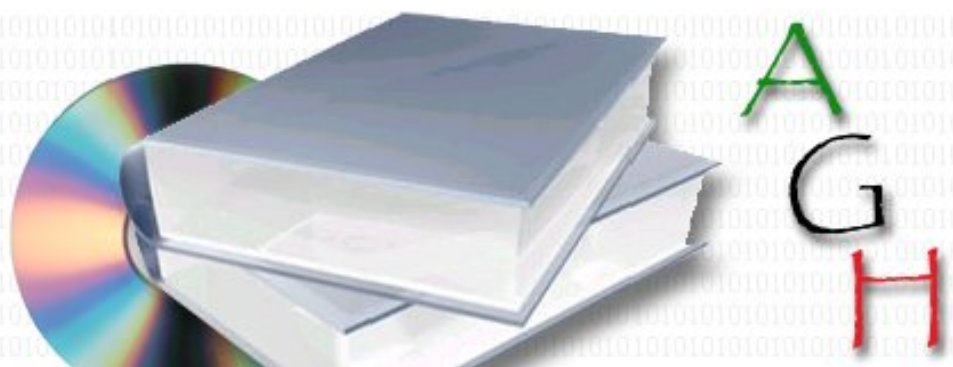
#### Wykaz dokumentów elektronicznych w poszczególnych kolekcjach

(294 publikacji; łącznie: 594 dokumentów)

- skrypty uczelniane AGH 48
- materiały konferencyjne:



# Akademicka Biblioteka Cyfrowa



## Wyszukiwanie w kolekcjach

Terminy wyszukiwawcze:

Wszędzie

- wszystkie
- skrypty uczelniane AGH
- materiały konferencyjne:
- monografie
- rozprawy doktorskie
- druki XIX i XX-wieczne (do 1945 r.)
- czasopisma naukowe AGH:
- multimedialne katalogi wystaw BG AGH
- rękopisy i starodruki

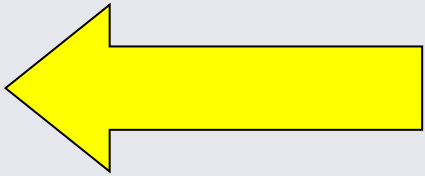
Historia przeszukiwań

[pełny opis](#) | [format MARC](#)

Record 1 z 1

Szukałeś - ABC AGH - Tytuł: Sieci Neuronowe ORAZ KOL03 ORAZ KOL\*

**Autor** Tadeusiewicz, Ryszard (1947- ).  
**Tytuł** [Sieci neuronowe](#) [Dokument elektroniczny] / Ryszard Tadeusiewicz.  
**Rodzaj dokumentu** Dane tekstowe.  
**Adres wydawniczy** Kraków : Biblioteka Główna AGH, 2000.  
**Dostęp (pełny tekst)** <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty/0001/>  
**Obraz (cyf.)**



# *LITERATURA DODATKOWA*

1. Tadeusiewicz R., Chaki R., Chaki N.: *Exploring Neural networks with C#, CRC Press, 2015.*
2. Mańdziuk J., *Sieci neuronowe typu Hopfielda, teoria i przykłady zastosowań, Warszawa 2000.*
3. Kosiński R. A., *Sztuczne sieci neuronowe - dynamika nieliniowa i chaos, WNT, Warszawa 2002.*
4. Krawiec K., Stefanowski J., *Uczenie maszynowe i sieci neuronowe, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2003.*
5. Janczak A., *Identification of Nonlinear Systems Using Neural Networks and Polynomial Models, Springer 2005.*

# Sposób obliczania oceny końcowej:

Ocena laboratoryjna będzie średnią arytmetyczną ocen zdobytych z 6 sprawozdań (średnia ważona) i oceny z miniprojektu .

Ocena końcowa będzie średnią ważoną z oceny z laboratorium (z wagą 0,25) i oceny z egzaminu (z wagą 0,75).

Ocena z egzaminu będzie ustalona zgodnie ze skalą ocen obowiązującą w regulaminie AGH, przyporządkowującą procent opanowania materiału konkretnej ocenie (Par.13, pkt.1).

Zakres oczekiwanej wiedzy na egzaminie określa treść wykładu i podane podręczniki.

Do egzaminu dopuszczeni są studenci, którzy uzyskali pozytywną ocenę z laboratorium.



# *Sztuczna sieć neuronowa – historia (1)*

- **1943 McCulloch, Pitts** – pierwszy formalny opis komórki nerwowej i powiązanie tego opisu z problemem przetwarzania danych
- **1949 Donald Hebb** – odkrył, że informacja może być przechowywana w strukturze połączeń między neuronami i zaproponował metodę uczenia sieci polegającą na zmianie tych wag (reguła Hebba)
- **1954 Minsky** – zbudowanie pierwszej sieci neuronowej
- **1958 Franc Rosenblatt, Charles Wightman** – perceptron – układ częściowo elektromechaniczny a częściowo elektroniczny do rozpoznawania znaków alfanumerycznych
- **1960 Bernard Widrow** – sieć MadaLinE z nową regułą uczenia (reguła Widrow-Hoffa) – pierwszy komercyjny neurokomputer do adaptacyjnego przetwarzania sygnałów
- **Lata 60-te** – powstanie sieci z hamowaniem obocznym na wzór struktury systemu wzrokowego kraba *Limulusa*

## *Sztuczna sieć neuronowa – historia (2)*

- **1969 Minsky, Pappert** – wydanie książki “Perceptrons” zahamowało na wiele lat rozwój sieci neuronowych
- **1970 Stephen Grossberg** – zbudowanie sieci Avalanche służącej do rozpoznawania mowy oraz sterowania ruchami ramienia robota
- **1974 Paul Werbos, David Parker, David Rumelhart** – sieć BP
- **1977 James Anderson** – sieć Brain State in a Box do wydobywania wiadomości z bazy danych
- **1978 Kunihiro Fukushima** – sieć Neocognitron do rozpoznawania ręcznie pisanych znaków
- **1982 John Hopfield** – sieć ze sprzężeniami zwrotnymi do odtwarzania obrazu z fragmentów oraz do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych
- **T. Kohonen** – samoorganizujące się sieci do wydobywania cech uczące się “bez nauczyciela”
- **1986 McClelland, Rumelhart** – książka “Parallel Distributed Processing” - nowy rozdział w dziejach sieci neuronowych

# PODSTAWOWE RÓŻNICE W PODEJŚCIU NEURONOWYM



KAMERA

OBIEKT

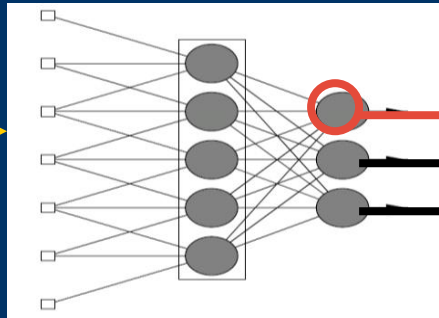
WSTĘPNE  
PRZETWORZENIE  
OBRAZU  
I ANALIZA DANYCH  
→ CECHY OBRAZU

ALGORYTM  
ROZPOZNANIA  
OBRAZU I JEGO  
IMPLEMENTACJA

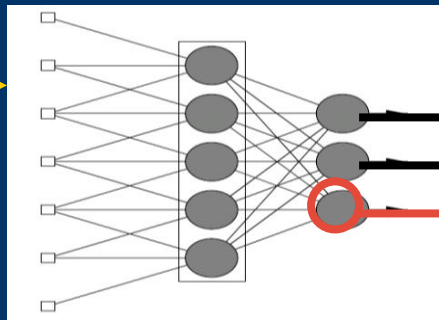
DECYZJA

KLASYCZNE PODEJŚCIE DO ZAGADNIENIA KLASYFIKACJI

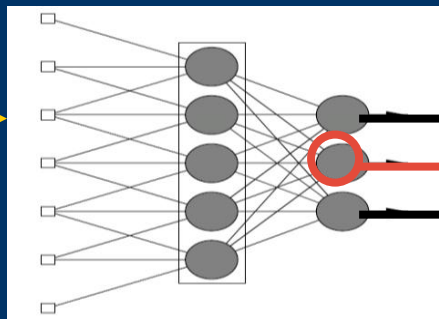
# PODSTAWOWE RÓŻNICE W PODEJŚCIU NEURONOWYM



KOT



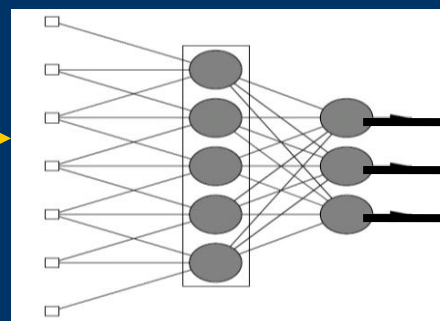
PIES



KRÓLIK

## PODEJŚCIE NEURONOWE

# *PODSTAWOWE RÓŻNICE W PODEJŚCIU NEURONOWYM*





# Podstawowe cechy sieci neuronowych

- Zdolność do adaptacji i samoorganizacji
- Zmniejszona wrażliwość na uszkodzenia elementów
- Zdolność do równoległej pracy
- Wygoda programowania przez uczenie

# Przykładowe narzędzia do budowy sieci neuronowych



StatSoft Polska

STATISTICA NEURAL NETWORKS



# BrainMaker

800/284-8112 530/478-9040

NeuroDimension  
Intelligent Software Solutions

# NEURAL COMPUTATION

ALYUDA  
NEURO INTELLIGENCE



# MATHEMATICA NEURAL NETWORKS



# NeuroSolutions

# SMART TRACK

SPIKE AND SEIZURE ANALYSIS

ALYUDA  
FORECASTER

# NeuroShell Trader

Trading Software for Stocks, Commodities, Futures and Options



NEURO FOREX  
Technology is Power. Get Some.

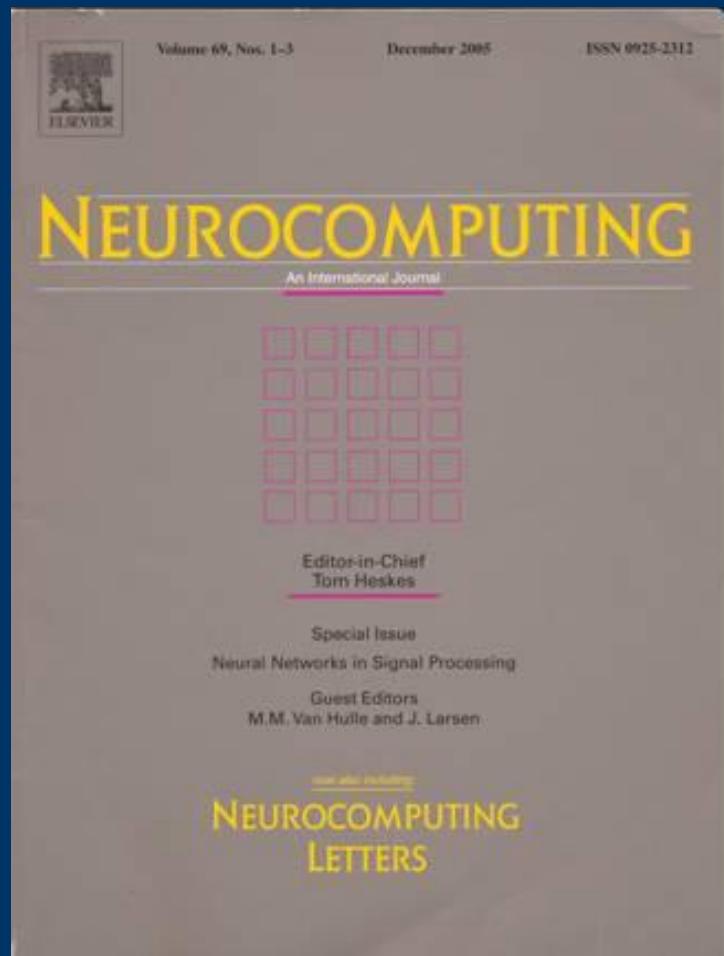
# BrainCom



SOM Toolbox  
for Matlab

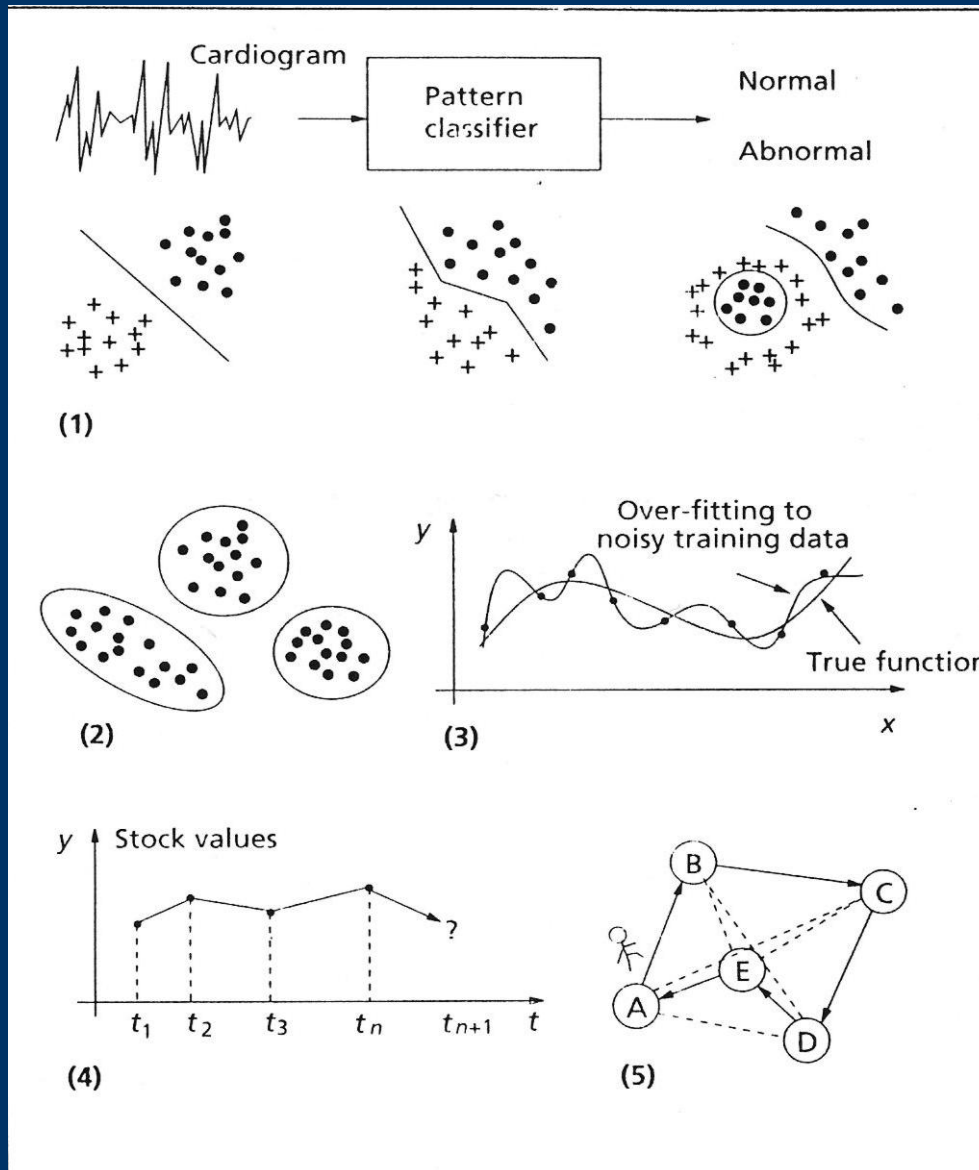
# Neural Networks WAREHOUSE

*Czasopisma, w których obecnie można znaleźć najnowsze i najwartościowsze wiadomości dotyczące sieci neuronowych*



Obydwa te pisma są wydawane w USA, ale prof. Tadeusiewicz jest członkiem redakcji w obu tych periodykach

# Ogólny podział zastosowań NN



(1) klasyfikacja obrazów  
**(pattern classification)**

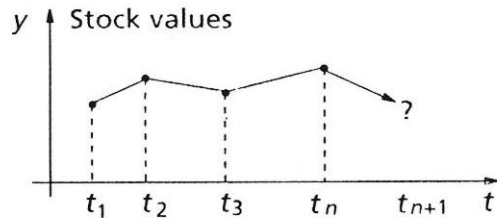
(2) klasteryzacja/kategoryzacja  
**(clustering/categorization)**

(3) aproksymacja funkcji  
**(function approximation)**

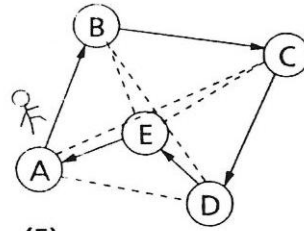
(4) predykcja/prognozowanie  
**(prediction/forecasting)**

(5) optymalizacja  
**(optimization – a TSP problem)**

# Ogólny podział zastosowań NN

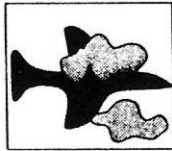


(4)

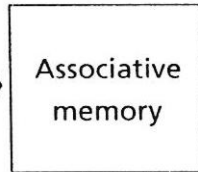


(5)

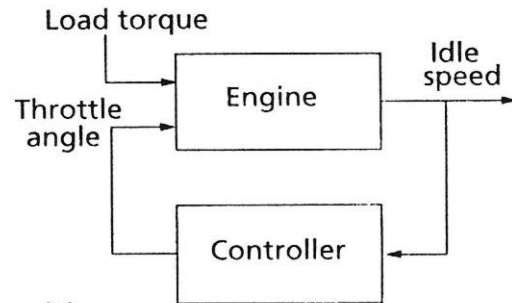
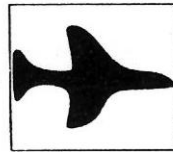
Airplane partially occluded by clouds



(6)



Retrieved airplane



(7)

(4) predykcja/prognozowanie  
**(prediction/forecasting)**

(5) optymalizacja  
**(optimization – a TSP problem)**

(6) odtwarzanie  
**(retrival by content)**

(7) sterowanie  
**(control – engine idle speed)**



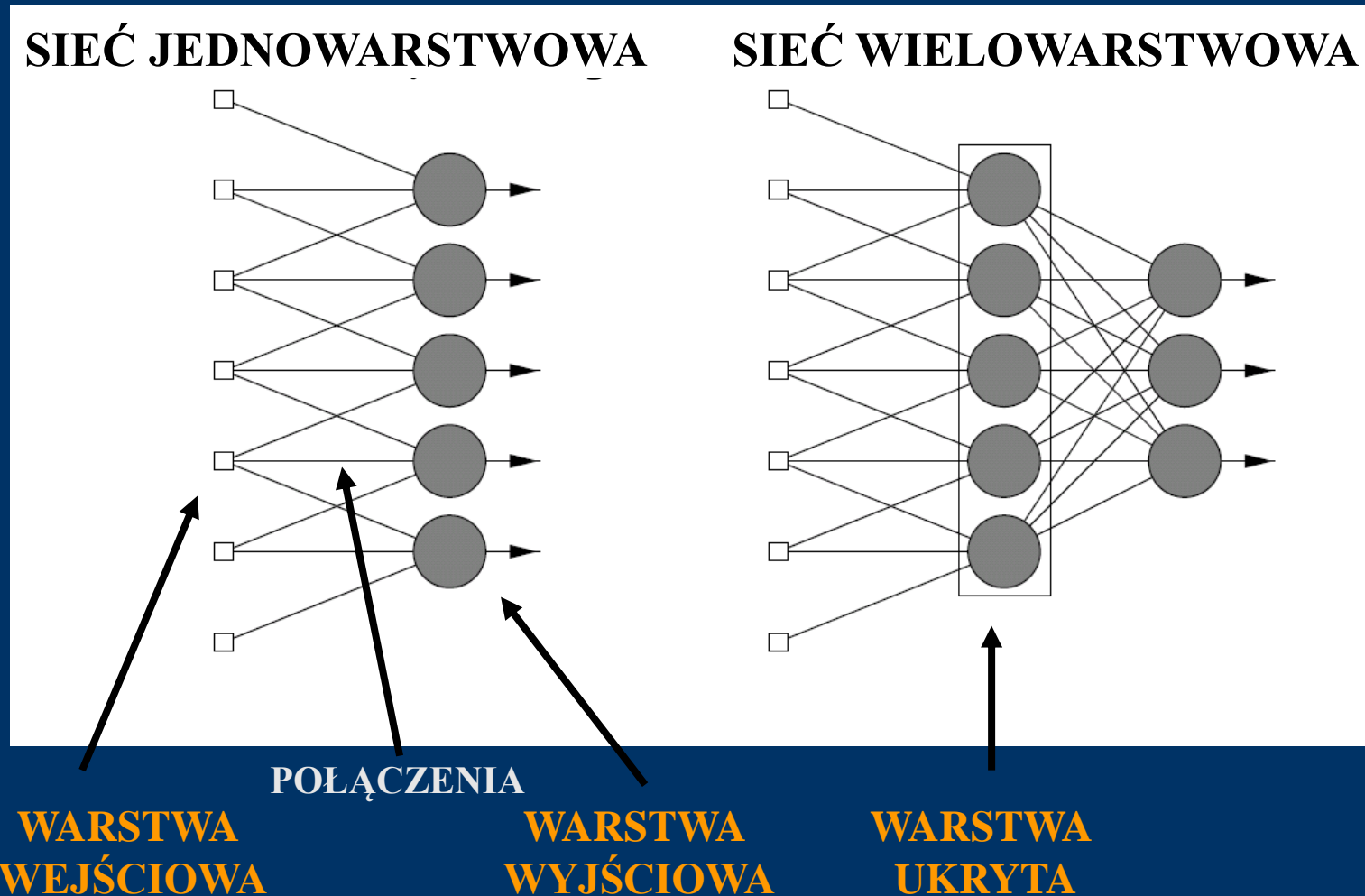
# WYBRANE ZASTOSOWANIA NN

- ◆ NASA - wykorzystuje sieci neuronowe do **sterowania ramieniem robota**, którego zadaniem jest chwytanie przedmiotów znajdujących się w dowolnym położeniu (np. w ładowniach promów kosmicznych w warunkach nieważkości)
- ◆ New York Medical Center - również do **sterowania ramieniem robota** jako alternatywa dla złożonych obliczeń tensorowych. Znacznie przyspieszono sterowanie działające w tym przypadku w czasie rzeczywistym
- ◆ firma General Dynamics opracowała dla US Navy system **klasyfikujący i rozpoznający sygnały sonarowe**. Sieć rozpoznaje pod wodą szумы charakterystyczne dla napędów różnych typów statków i okrętów, a także niektóre dźwięki nadwodne (śmigłowiec)
- ◆ naukowcy z Uniwersytetu w Pensylwanii zbudowali sieć **rozpoznającą samoloty** z taką dokładnością, że podstawą do bezbłędnej identyfikacji może być detal wielkości 18 cali (45cm) z odległości 50 mil (80km)
- ◆ w szpitalu Anderson Memorial Hospital w Południowej Karolinie sieci wykorzystano do **realizacji procesu optymalizacji leczenia**, zyskując miliony dolarów oszczędności i ratując życie kilkudziesięciu ludziom
- ◆ firma General Devices Space Systems Division (producent rakiet) używa sieci neuronowych do **sterowania pracą 150 zaworów** doprowadzających paliwo i tlen do silników raketowych

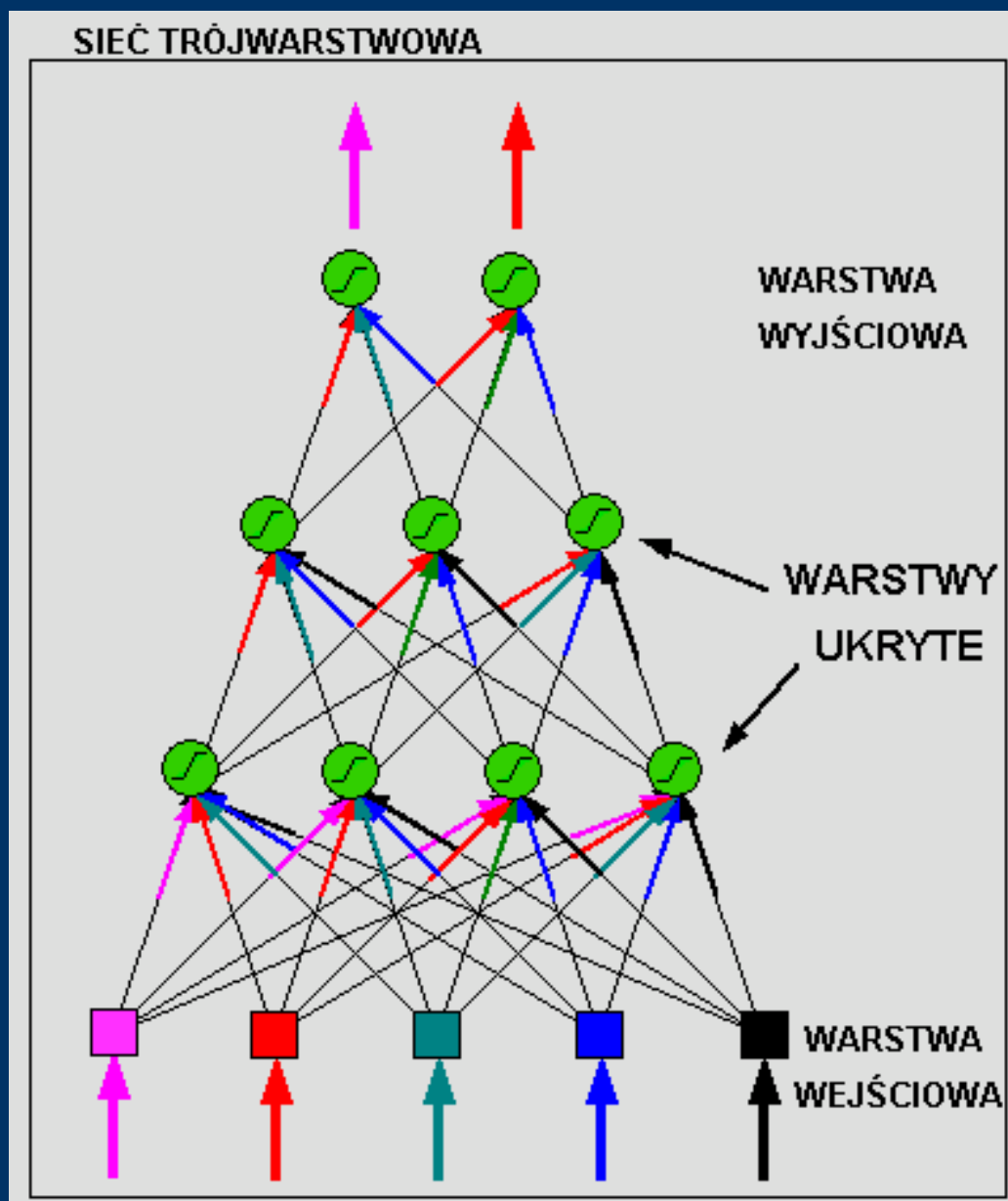
# WYBRANE ZASTOSOWANIA NN

- ◆ firma Eaton Corporation wykorzystuje sieci do **sterowania** wspomagającego kierowcę dużych ciężarówek (5 osi, osiemnaście kół) przy wykonywaniu niektórych trudnych manewrów
- ◆ elektrownia BC Hydro w Vancouver przy pomocy **sieci prognozuje zapotrzebowanie na energię elektryczną** aby skuteczniej włączać i wyłączać cztery turbiny różniące się charakterystykami
- ◆ US Air Force stosują sieci do **symulatorów lotu**
- ◆ koncern Ford Motor Company odwołał się do NN w nowym **systemie diagnostycznym** dla swoich silników
- ◆ firma Halliburton stosuje sieci do **identyfikacji typu skał** w trakcie odwiertów przy poszukiwaniu złóż ropy i gazu
- ◆ linie lotnicze TWA przy pomocy sieci neuronowych **poszukują bomb** w swoim terminalu na lotnisku JFK w Nowym Jorku.

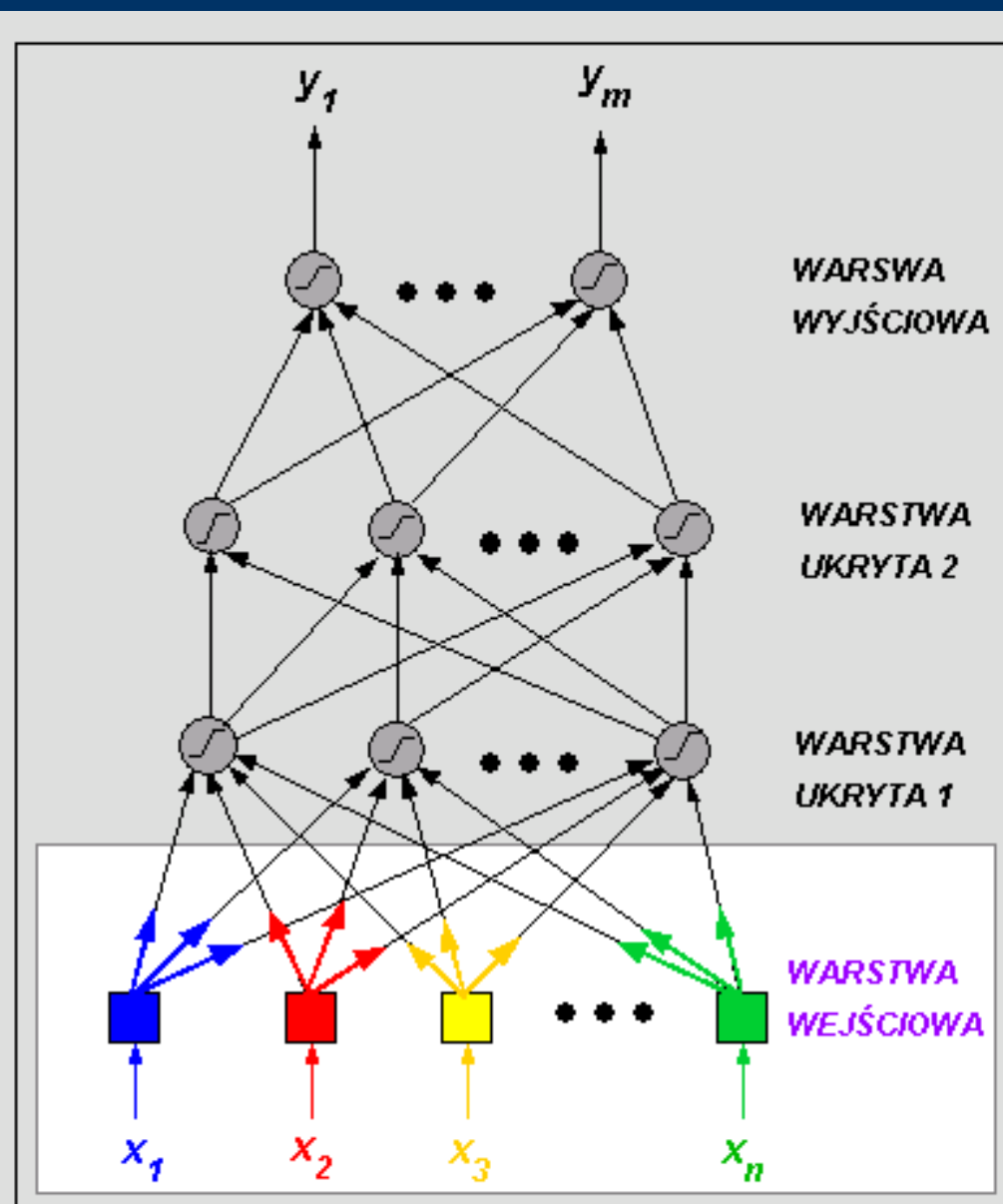
# STRUKTURA PODSTAWOWYCH SIECI NEURONOWYCH



# PRZEPLÝW SYGNAŁU W NN



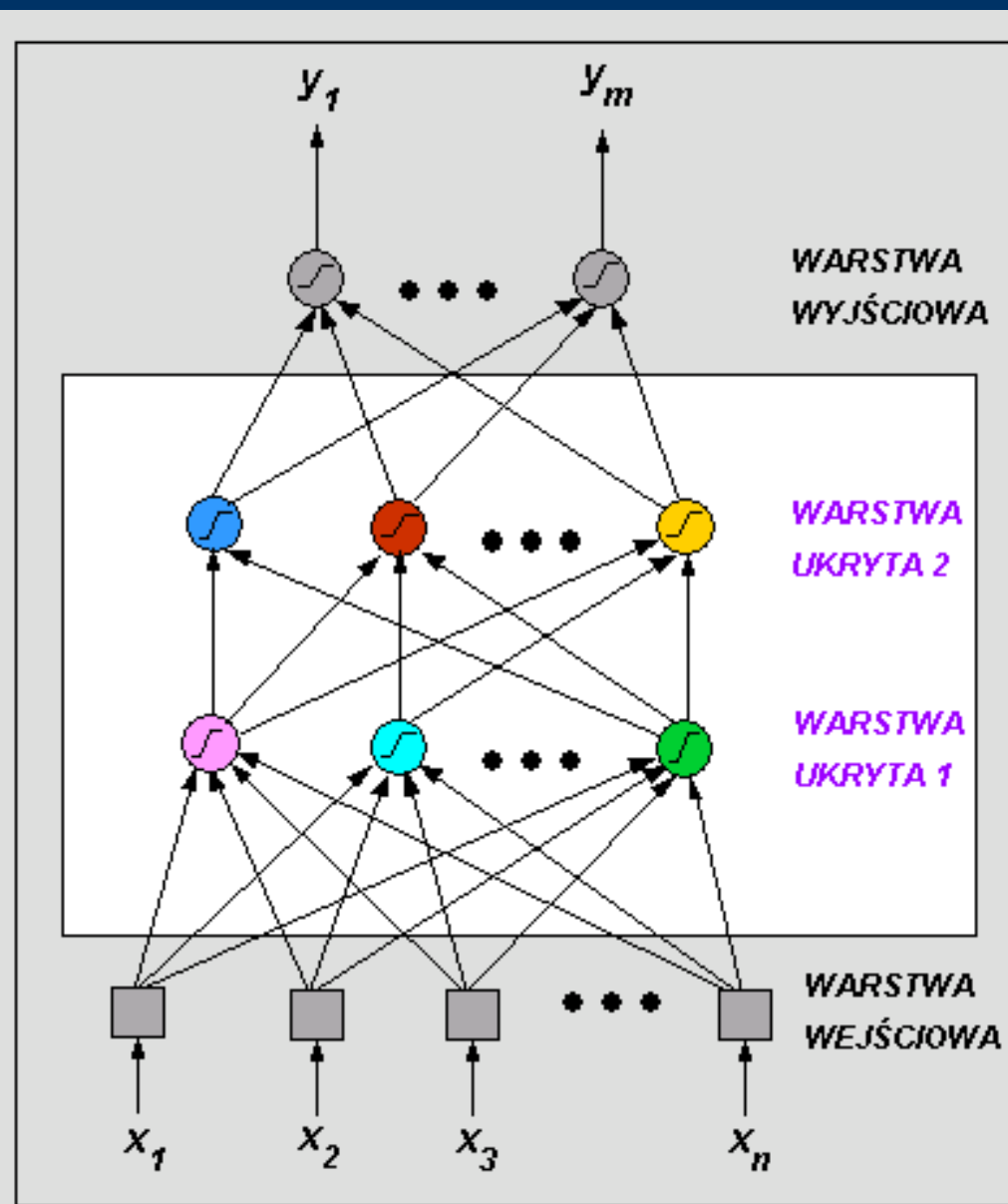
# PRZEPLÝW SYGNAŁU W NN



Neurony składające się na **warstwę wejściową** (kolorowe kwadraty) są specjalnymi liniowymi elementami, które przenoszą sygnały ze świata zewnętrznego do sieci. Sygnały  $x_1, \dots, x_n$  przechodzą przez te neurony i niezmiennie pojawiają się na ich wyjściach (kolorowe strzałki). Te wartości są z kolei sygnałami wejściowymi do następnej warstwy. W związku z tym, że warstwa wejściowa nie może się uczyć (nie ma żadnych wag związanych z jej neuronami), to nie może być traktowana jako warstwa sieci w pełnym znaczeniu tego słowa. Stąd nasz model nazywamy SIECIĄ TRÓJWARSTWOWĄ.

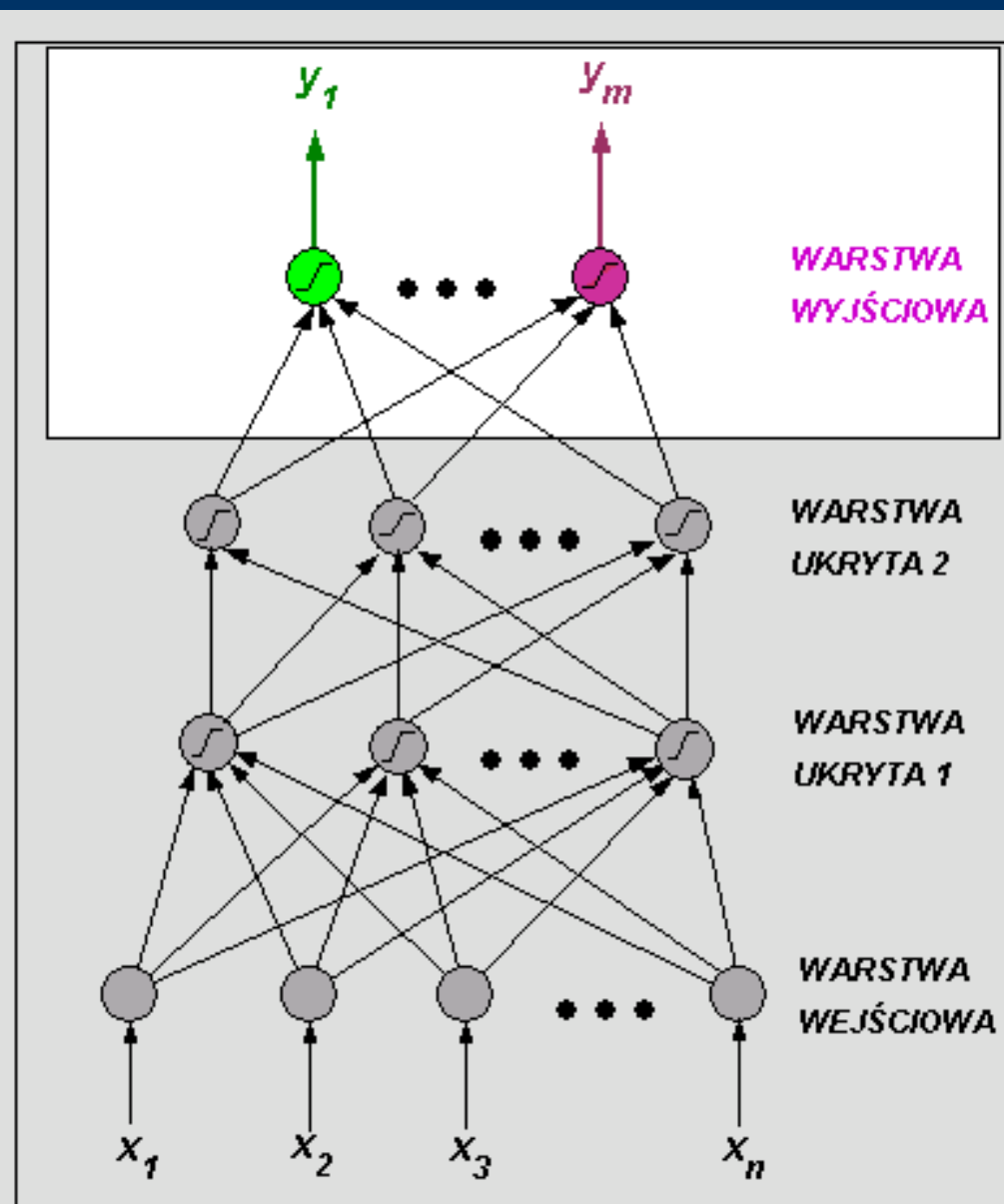


# PRZEPLÝW SYGNAŁU W NN



Wszystkie warstwy między warstwą wejściową a wyjściową nazywamy warstwami ukrytymi. Neurony w tych strukturach (**neurony ukryte**) mogą być nieliniowe (np. z sigmoidą jako funkcją aktywacji). Teoretycznie nie ma ograniczeń co do ilości warstw ukrytych ale nie ma też powodu do stosowania więcej niż dwóch takich warstw. Więcej warstw ukrytych lub nadmiarowa liczba neuronów w tych warstwach wydłuża niepotrzebnie czas uczenia sieci.

# PRZEPIY W SYGNAŁU W NN



Neurony z warstwy wyjściowej są również elementami nieliniowymi podobnie jak neurony ukryte przedstawione wcześniej. Otrzymują one sygnały wejściowe od ostatniej warstwy ukrytej (numer 2) i generują swoje wartości wyjściowe  $y_1, \dots, y_m$ , które są równocześnie ostateczną odpowiedzią sieci na dany wektor wejściowy.