

**Powstanie i rozwój metod sieci
neuronowych wpłynęły
zasadniczo na rozwój sztucznej
inteligencji. Cztery Nagrody
Nobla 2024!**

Ryszard Tadeusiewicz, AGH w Krakowie

Nagrody Nobla za **sieci neuronowe**
dostali w 2024 roku
dwaj **informatycy** nagrodzeni jako
fizycy i dwaj inni **informatycy**, którzy
dostali Nobla jako chemicy.

To sensacja. Pierwszy raz Noblistami
zostali przedstawiciele nauk
technicznych!

Jest to na tyle niezwykle wydarzenie,
że moje artykuły na temat sieci
neuronowych zdecydowała się
dwukrotnie zamieścić Rzeczpospolita

Rozwój sieci neuronowych jako narzędzia sztucznej inteligencji

Człowiekiem, który zbudował pierwszą działającą sieć neuronową, był Frank Rosenblatt z Cornell Laboratory. Opracował tzw. perceptron – urządzenie elektroniczne, które zostało stworzone zgodnie z zasadami biologii i wykazywało zdolność uczenia się. Co ciekawe, Rosenblatt był psychologiem, a nie informatykiem.

Publikacja: 30.10.2024 21:00



Sztuczna inteligencja (AI): artystyczna wizualizacja komputerowej sieci neuronowej

Foto: AdobeStock

Ryszard Tadeusiewicz

HISTORIA WYNALEZKÓW

Rozwój sieci neuronowych jako narzędzia sztucznej inteligencji, cz. II

Ogromna popularność perceptronu Rosenblatta nie podobała się wielu badaczom. Należał do nich Marvin Minsky (1927–2016), notabene niezwykle zasłużony dla powstania i rozwoju AI. Do końca życia twierdził, że to on zaproponował nazwę „sztuczna inteligencja”.

PROF. RYSZARD TADEUSIEWICZ

W poprzednim felietonie („Rzecz o Historii”, 31 października 2024 r.) opisałem początki badań i eksperymentów związanych z sieciami neuronowymi, będącymi sprawnymi narzędziami sztucznej inteligencji. Zająłem się tym tematem, ponieważ w tym roku aż cztery Nagrody Nobla – dwie z fizyki i dwie z chemii – przyznane zostały badaczom, którzy rozwijali sieci neuronowe jako narzędzia sztucznej inteligencji.

Eksperymenty z perceptronem

Frank Rosenblatt, o którego badaniach pisałem w poprzednim felietonie, miał przedziwne pomysły, które bardzo posuwały naprzód wiedzę o sieciach neuronowych. Po wykonaniu wielu badań związanych



Marvin Minsky
(1927–2016)
– amerykański uczony, który zajmował się głównie naukami kognitywnymi, zwłaszcza sztuczną inteligencją (AI)

niowa. To był przełom! Badania nad sieciami neuronowymi ponownie ruszyły.

Jak uczyć wielowarstwowe sieci neuronowe?

Tezy Minsky'ego były prawdziwe dla sieci neuronowych składających się tylko z jednej warstwy neuronów. O sieciach mających wiele warstw wtedy nawet nie myślano, bo nie było metody, która by pozwalała uczyć takie sieci. Tu ważna uwaga: uczenie sieci neuronowej polega na tym, że dokonywana jest korekta wag synaptycznych w neuronach. Ale ta korekta musi być dokonywana na podstawie błęd popełnianego przez te neurony. To jest fundamentalna zasada przy uczeniu sieci.

Ale ustalenie błędów było możliwe tylko dla neuronów produkujących sygnały wyjściowe, będące rozwiązaniem postawionego problemu. Ich sygnały można porównać z wymaganymi odpowiedziami i ocenić, czy są poprawne, czy błędne – oraz jak duży jest ten błąd. Natomiast w sieci wielowarstwowej są tzw. warstwy

pomocą projektowana była technologia wytwarzania płytek ceramicznych chroniących kadłuby wahadłowców kosmicznych), przetwarzaniu sygnałów, tworzeniu i wykorzystywaniu różnych prognoz (zwłaszcza gospodarczych) i modelowaniu różnych systemów.

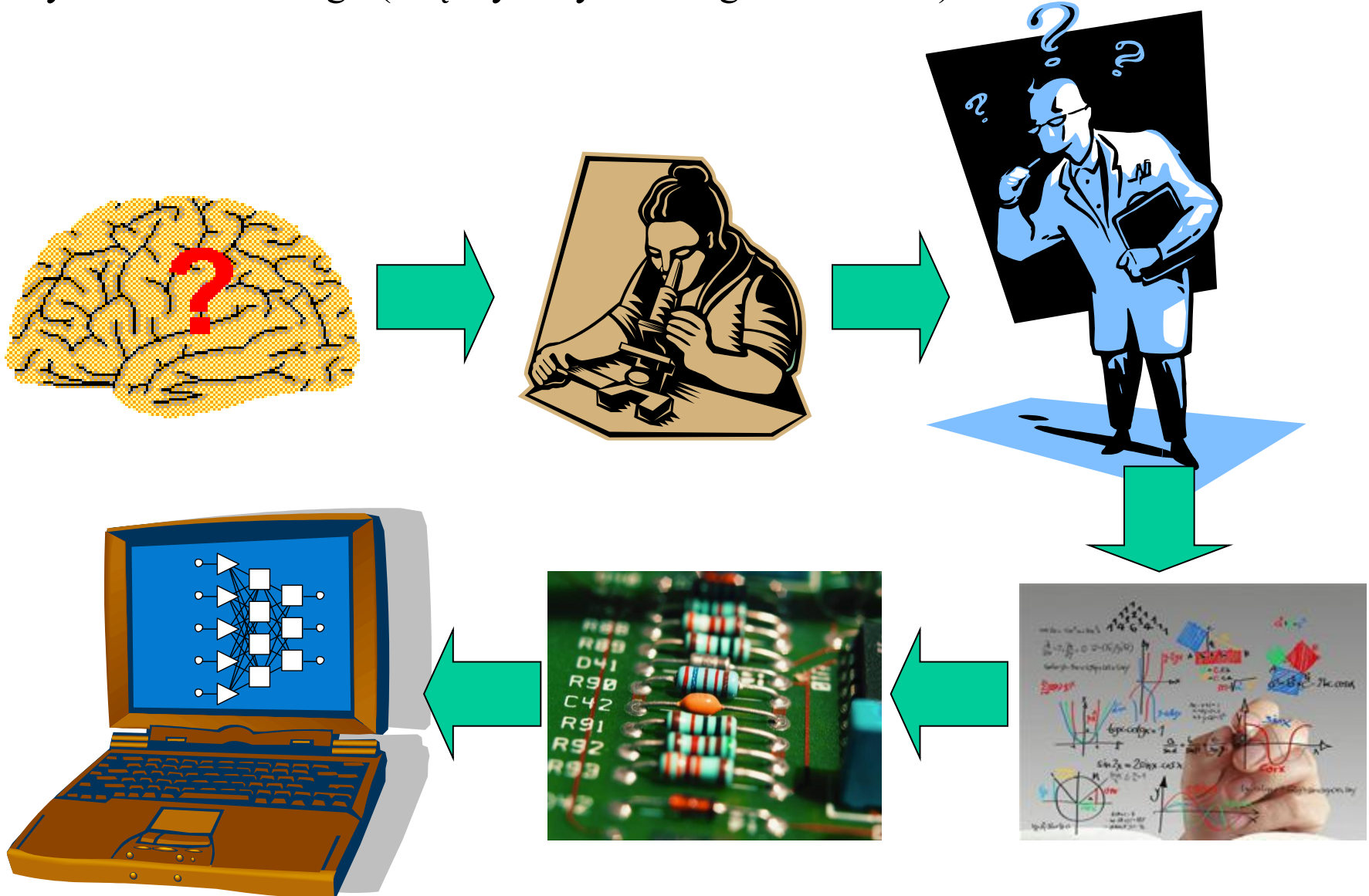
Szczególnie to ostatnie zastosowanie okazało się bardzo użyteczne. Sieć neuronowa, obserwując jakiś rzeczywisty system (np. elektrownię), może się nauczyć zachowywać tak samo jak ten system. Zbudowanie modelu takiego systemu na bazie jego konstrukcji i zasad działania jest bardzo trudne i czasochłonne. Natomiast sieć neuronowa potrafi naśladować zachowanie systemu bez wnikania w związki przyczynowo-skutkowe. Sieci tworzą więc tzw. modele behawioralne. Po prostu zachowują się tak jak zamodelowany obiekt. To pozwala na przewidywanie zachowania obiektu, co innymi metodami jest niesłychanie trudno osiągnąć.

Tegoroczni nobliści

Na etapie tworzenia wielowarstwowych sieci neuronowych należało do zadań

Chciałbym pokazać, na jakiej glebie
wyrósł ten sukces. Będę więc mówił
o historii rozwoju sieci neuronowych.

Jak wiadomo sieci neuronowe są nowoczesnymi systemami analizy i przetwarzania informacji, które powstały w wyniku modelowania matematycznego, a potem także technicznego naśladowania fragmentów systemu nerwowego (między innymi mózgu człowieka)



To są Nagrody Nobla

związane z badaniami biologicznymi układu nerwowego,
których wyniki wykorzystano w sieciach neuronowych:

- 1904 - Pavlov I.P. - teoria odruchów warunkowych
- 1906 - Golgi C. - badanie struktury układu nerwowego
- 1906 - Ramón Y Cajal S. - odkrycie, że mózg składa się z sieci oddzielnych neuronów
- 1920 - Krogh S.A. - opisanie funkcji regulacyjnych w organizmie
- 1932 – Sherrington Ch. S. - badania sterowania nerwowego pracy mięśni
- 1936 – Dale H., Hallett L.O. - odkrycie chemicznej transmisji impulsów nerwowych
- 1944 - Erlanger J., Gasser H. S. - procesy w pojedynczym włóknie nerwowym
- 1949 - Hess W.R. - odkrycie funkcji śródmózgowia
- 1963 - Eccles J.C., Hodgkin A.L., Huxley A.F. - mechanizm elektrycznej aktywności neuronu
- 1969 – Granit R., Hartline H.K., Wald G. – fizjologia widzenia
- 1970 – Katz B., Von Euler U., Axelrod J. - transmisja informacji humoralnej w komórkach nerwowych
- 1974 – Claude A., De Duve Ch., Palade G. - badania strukturalnej i funkcjonalnej organizacji komórki.
- 1977 – Guillemin R., Schally A., Yalow R. - badania hormonów mózgu
- 1981 – Sperry R. - odkrycia dotyczące funkcjonalnej specjalizacji półkul mózdzku
- 1981 – Hubel D.H., Wiesel T. - odkrycie zasad przetwarzania informacji w systemie wzrokowym
- **Podane są tu daty nadania Nagrody Nobla za odkrycia. Ale same odkrycia były publikowane i dostępne dla twórców sieci neuronowych o wiele wcześniej. Odbądźmy wędrówkę w czasie**

Pierwszymi ludźmi, którzy ośmielili się (w 1942 roku!) opisać matematycznie działanie komórek mózgu i próbowali przewidywać teoretycznie jego działania byli:



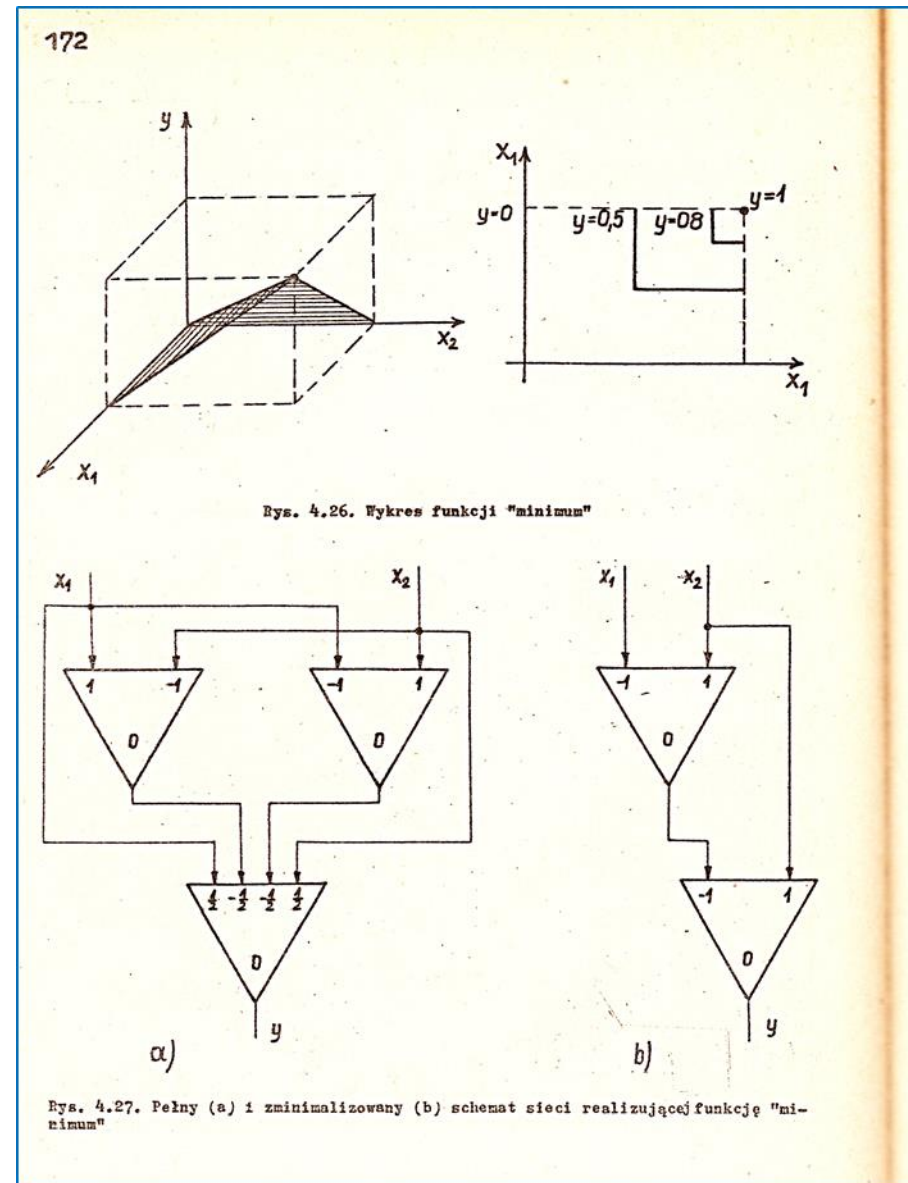
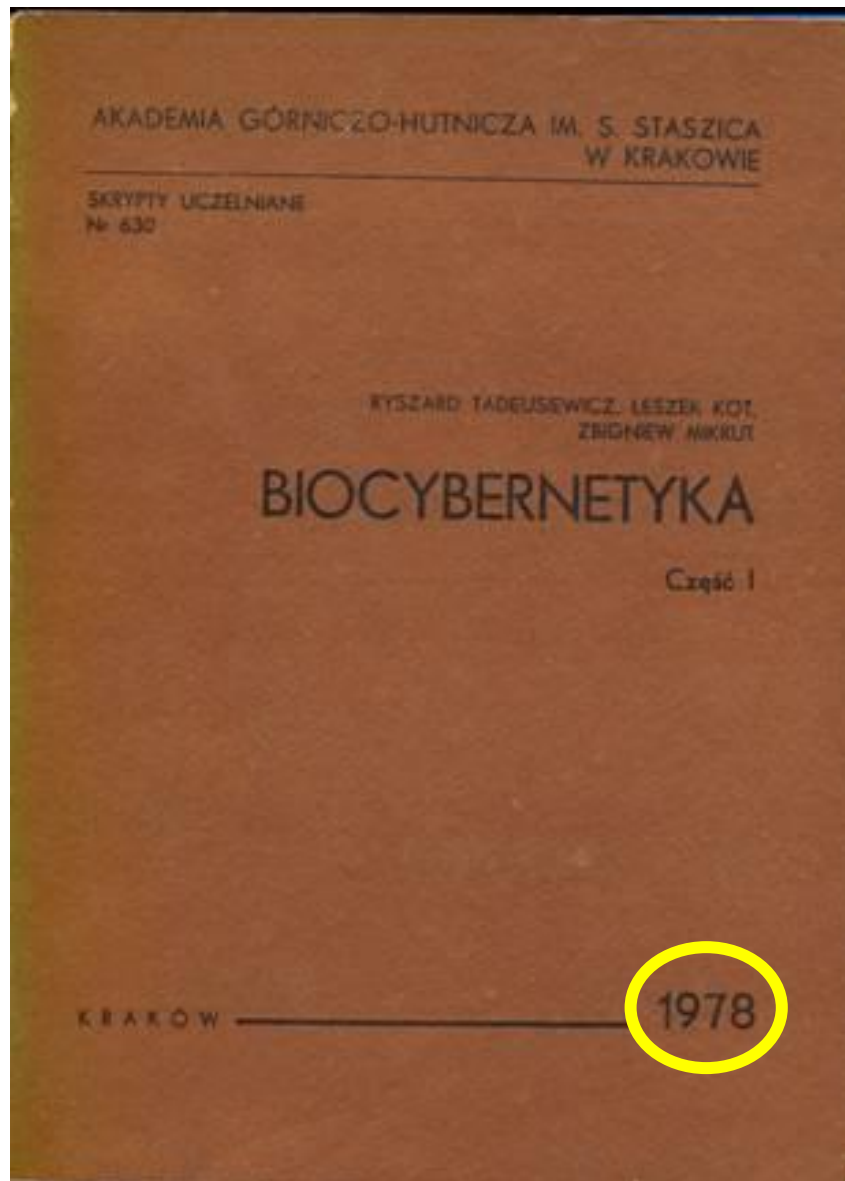
Warren McCulloch
1898-1969



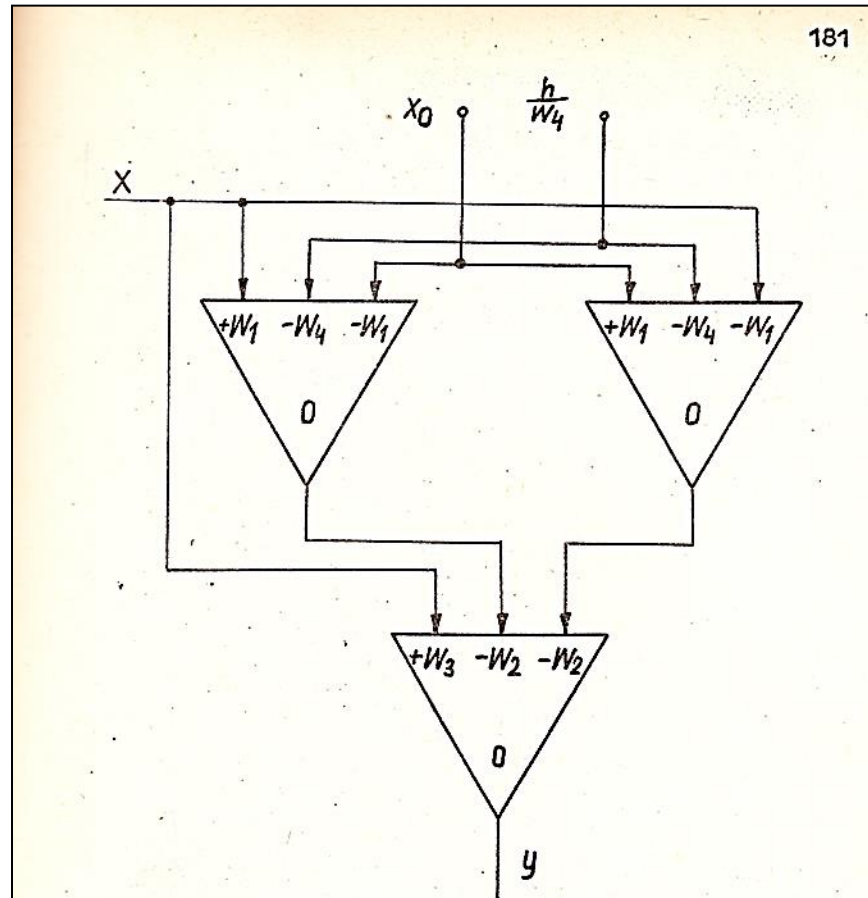
Walter Pitts
1923-1969

Obaj zmarli w 1969 roku, więc
do Nagrody Nobla w tym roku
aspirować nie mogli. Ale to oni
zaczynali!

To oni wprowadzili pierwsze pojęcia dotyczące sieci neuronowych.
Potwierdza to skan stronicy z mojego skryptu Biocybernetyka



Sieci McCullocha i Pittsa nie posiadały możliwości uczenia się. Wartości współczynników wagowych trzeba było samemu wyliczyć i potem ręcznie ustawić w sieci.



Rys. 4.37. Schemat sieci "filtru pasmowego". Opis w tekście

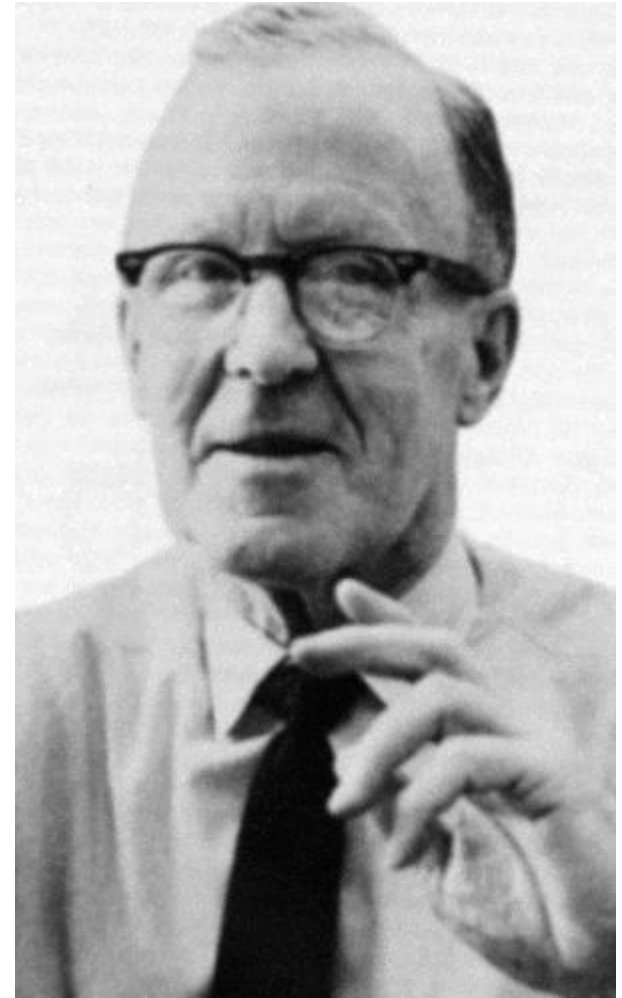
kreślonych dla charakterystycznych punktów wykresu podanego na rysunku 4.38)

$$a = \frac{w_1 w_2 x_0 - w_2 h}{w_1 w_2 - w_3} \quad (4.18)$$

$$b = x_0 - \frac{h}{w_1} \quad c = x_0 + \frac{h}{w_1} \quad (4.19)$$

Tymczasem
zasadniczą cechą
biologicznych
neuronów (oraz ich
technicznych
modeli) jest
zdolność do uczenia

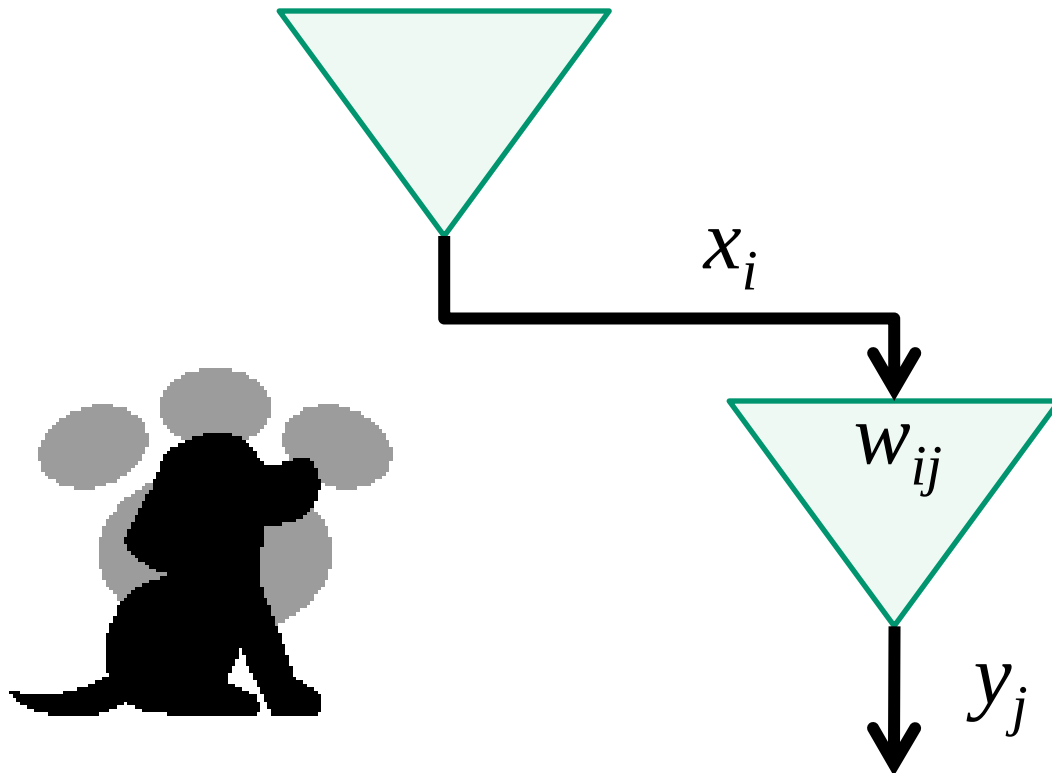
Podstawowe prawa
uczenia się sieci
neuronowych
odkrył



*Donald Olding Hebb
(1904-1985)*

Badał on procesy uczenia u zwierząt
i opisał je matematycznie

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta y_j(t) x_i(t)$$



W mojej książce z 1982 roku przedstawiłem model tego procesu

**AKADEMIA
GÓRNICZO-
HUTNICZA**
im. S. Staszica
w Krakowie

skrypty
uczelniane
nr

903

RYSZARD TADEUSIEWICZ, LESZEK KOT,
ZBIGNIEW MIKRUT, JANUSZ MAJEWSKI

BIOCYBERNETYKA

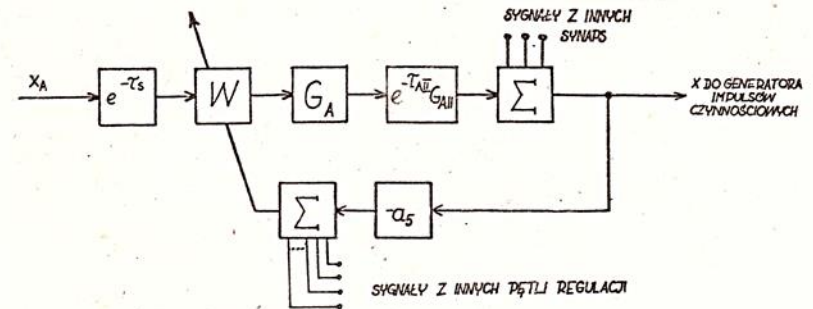
Część I

Wydanie drugie

Kraków 1982

103

Zaprezentowane wyżej hipotezy nie wyczerpują oczywiście wszystkich możliwości modelowania. Można na przykład założyć, że przepływ informacji odbywa się dwukierunkowo, a równocześnie że na wagę synapsy wpływa sygnał będący sumą sygnałów ze wszystkich synaps (sygnały odpowiednio opóźnione i zniekształcone, zsumowane na danej synapsie). Model drzewka rozrasta się wtedy, a jego realizacja techniczna nastrocza poważne trudności,



Rys. 3.27. Regulacja wagi w zależności od całkowitego pobudzenia neuronu

3.11. WIELOKROTNE DRAŻNIENIE SYNAPS

W trakcie doświadczeń polegających na pobudzaniu synapsy impulsami o jednakowej amplitudzie i stałej częstotliwości okazało się, że amplituda EPSP (IPSP) jest funkcją częstotliwości drażnienia. Zależność ta jest silnie nieliniowa i ma różny przebieg dla synaps różnych neuronów. Przykładowe przebiegi przedstawiono na rysunku 3.28 a i b.

Zależność amplitudy potencjału postsynaptycznego (p_s) od częstotliwości oznaczmy: $(p_s)_{\max} = F_1(f)$, gdzie f jest częstotliwością, a F_1 reprezentuje jedną z krzywych z rysunku 3.28.

Z definicji wagi synapsy można otrzymać:

$$W = \frac{(p_s)_{\max}}{x_m} = c \cdot (p_s)_{\max} = c \cdot F_1(f) = F_2(f),$$

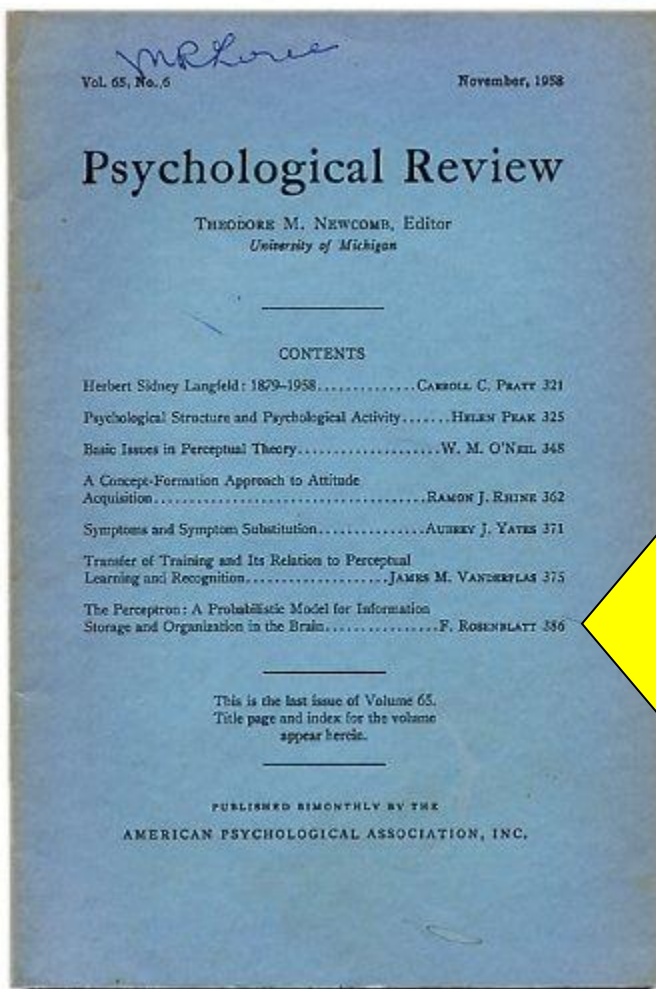
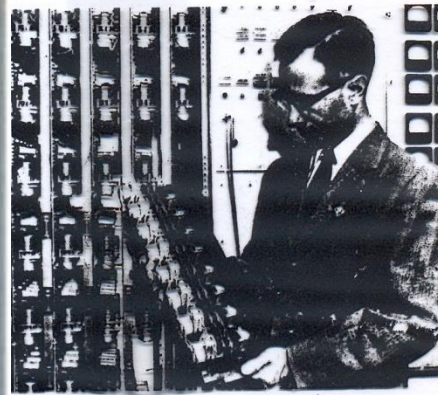
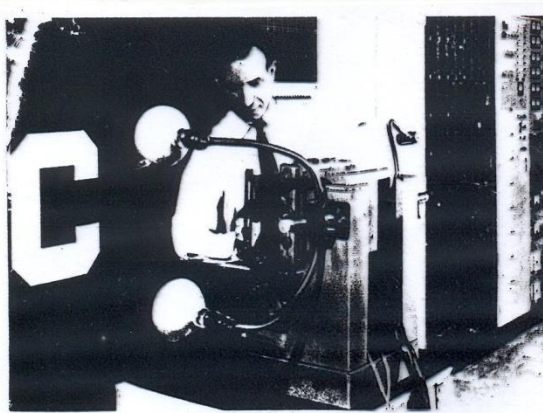
gdzie c jest pewną stałą, ponieważ x_m (amplituda impulsów wejściowych) była stała w trakcie wyżej opisanego doświadczenia.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt oddziaływania pętli regulacji wagi synapsy w zależności od polaryzacji błony postsynaptycznej. Oddziaływanie to przy wyższych częstotliwościach (i przy założeniu, że bada-

Niestety Donald Hebb zmarł
w 1985 roku, więc nie mógł
aspirować do Nagrody Nobla
2024

Nie dożył niestety Nobla za sieci neuronowe
także ten badacz, który jako pierwszy
otworzył empirycznie tę tematykę

Ale warto
pamiętać, że
najwcześniejsza
przygoda ludzi
z technicznymi
sieciami
neuronowymi
miała miejsce,
gdy **Frank
Rosenblatt**
zbudował
(w 1958 roku)
swój słynny
Perceptron





Szkic zasady działania Perceptronu dany przez samego Rosenblatta

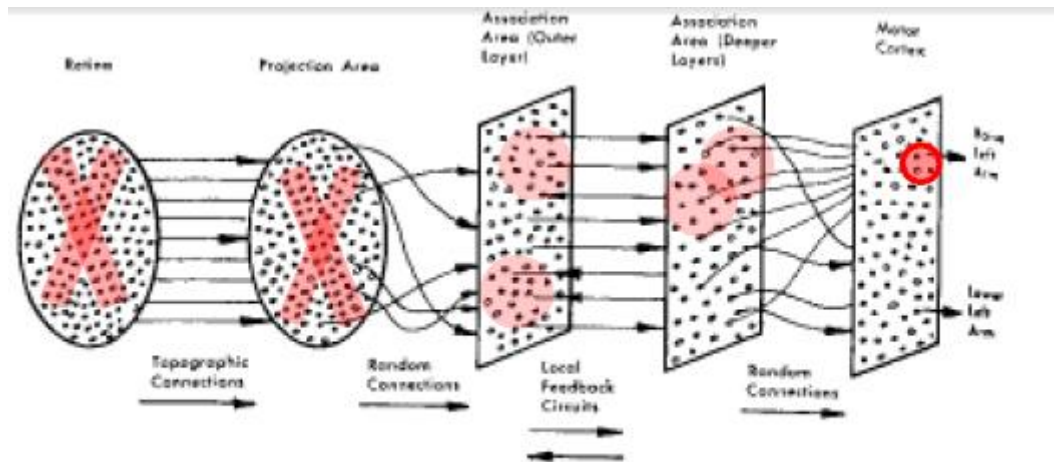
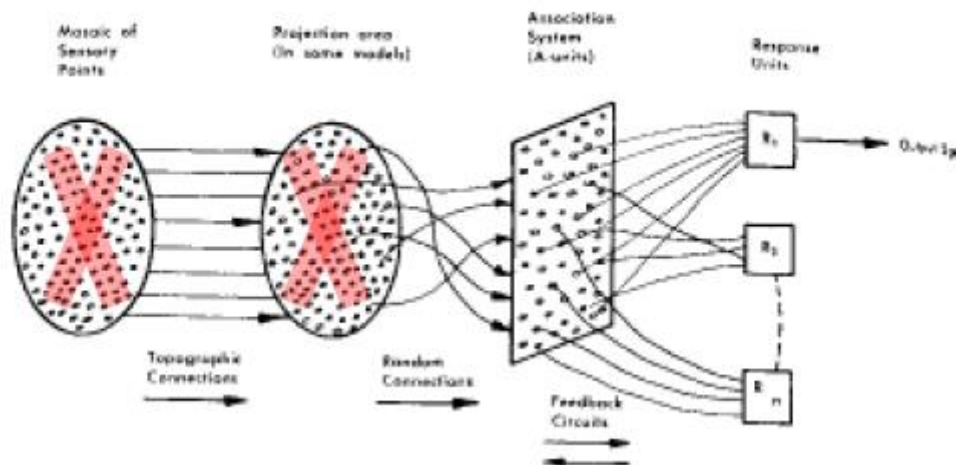


FIG. 1 — Organization of a biological brain. (Red areas indicate active cells, responding to the letter X.)

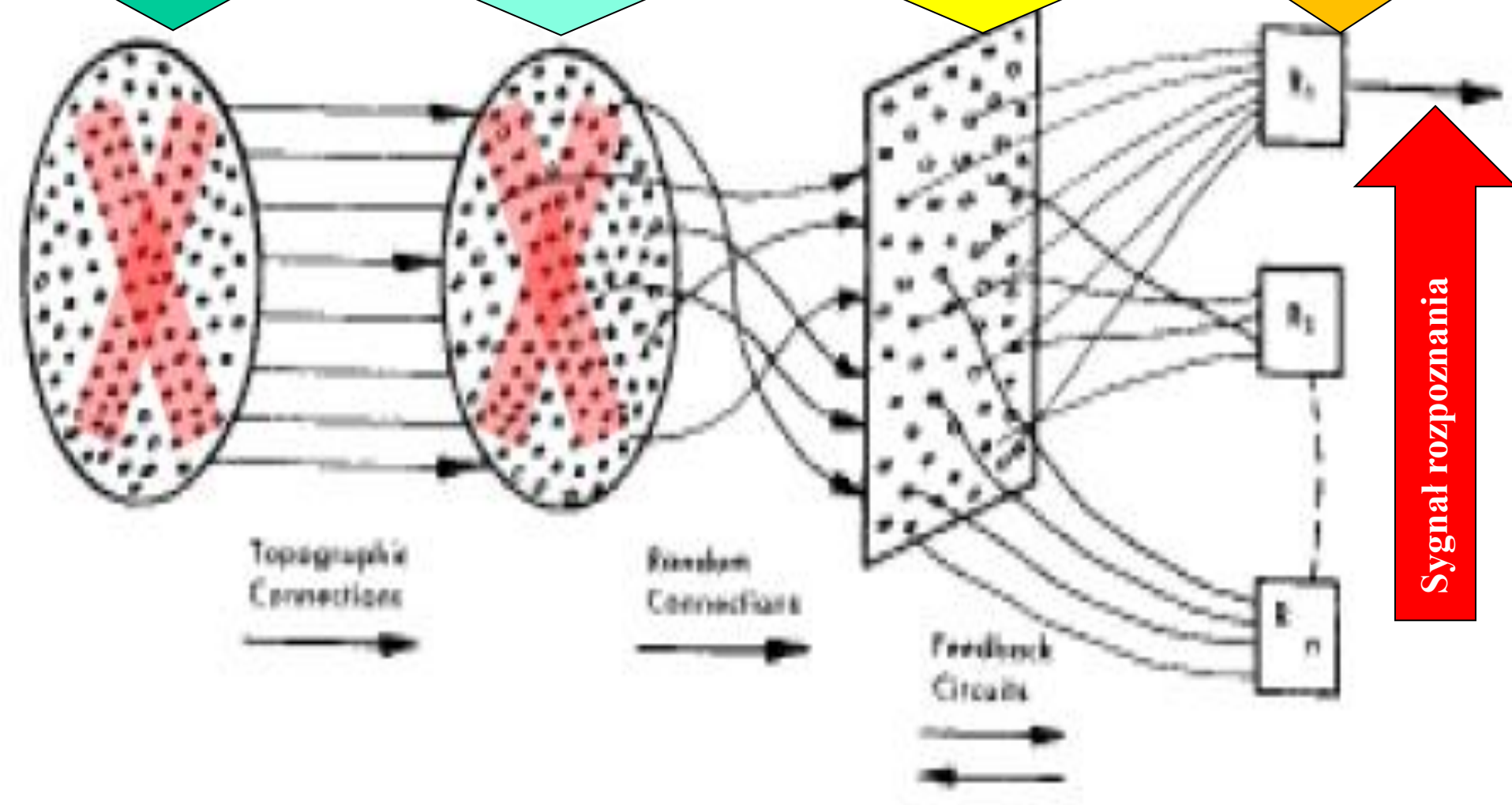


Rozpoznawany obraz

Rejestracja obrazu
siatkówka oka albo
cyfrowa kamera

Sieć uczących się
neuronów
analizujących cechy
obrazu

Sygnalizacja
rozpoznania
obrazu





Ogólny widok Perceptronu

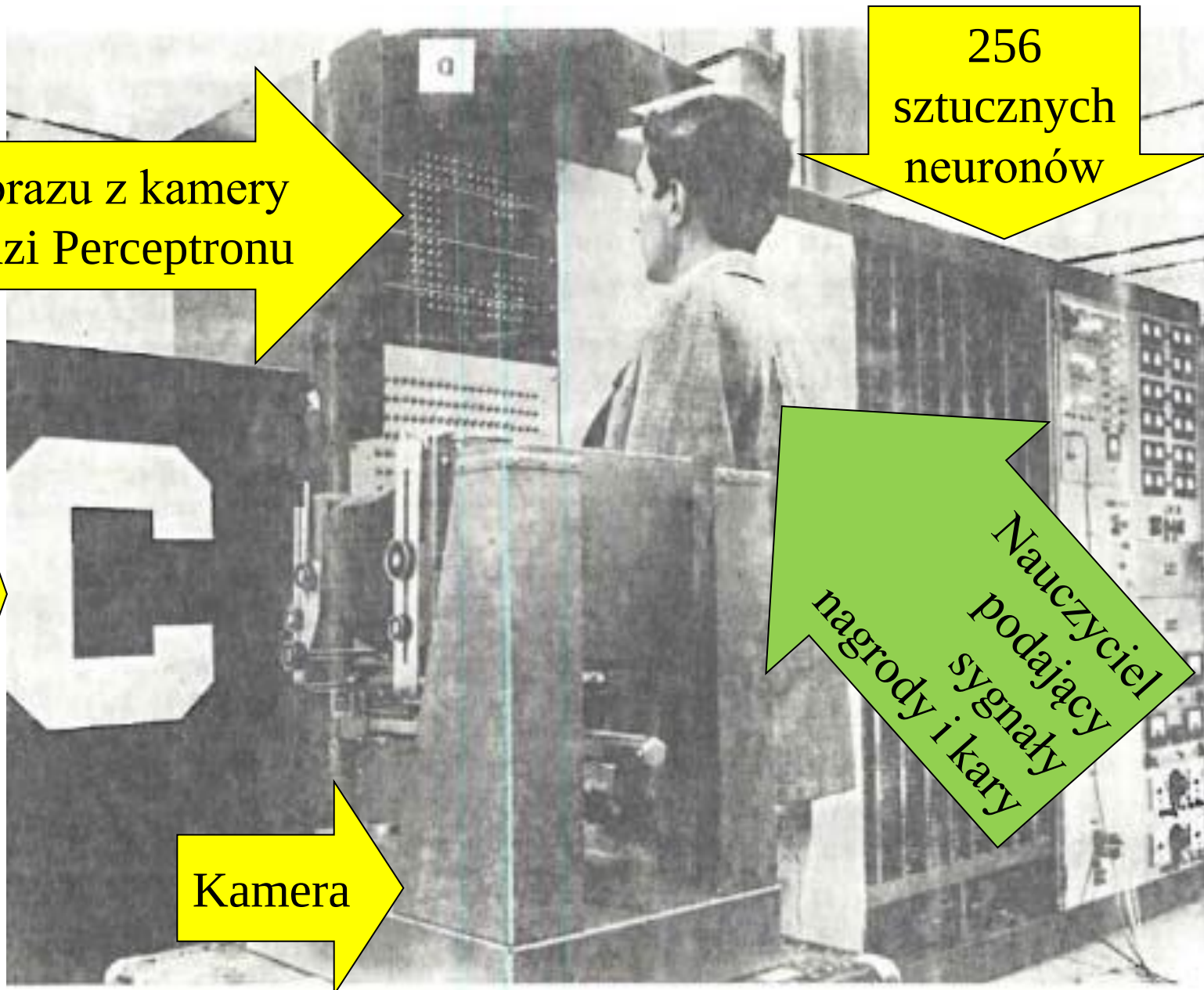
Podgląd obrazu z kamery
i odpowiedzi Perceptronu

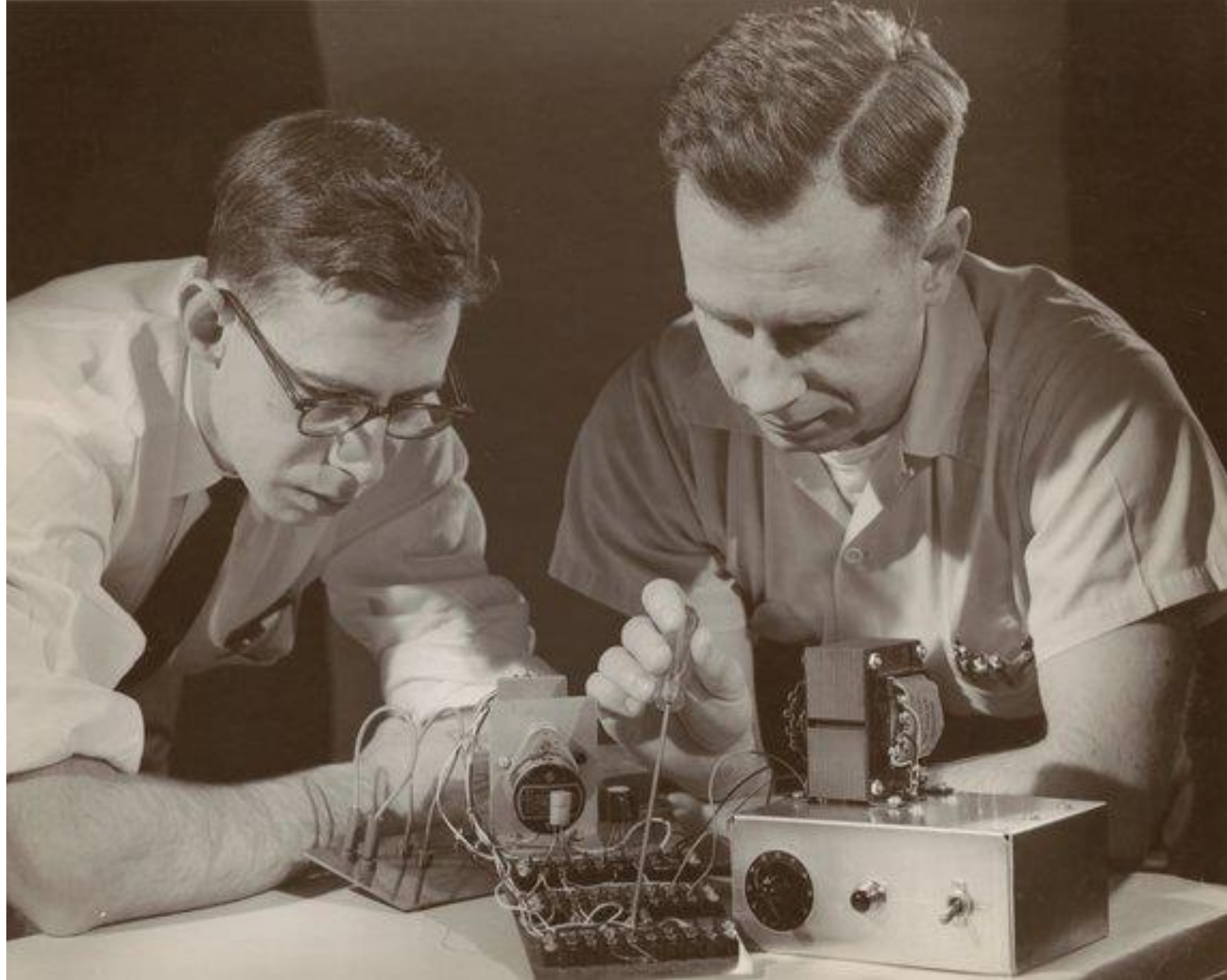
256
sztucznych
neuronów

Rozpozna-
wany
obraz

Kamera

Nauczyciel
podający
sygnały
nagrody i kary



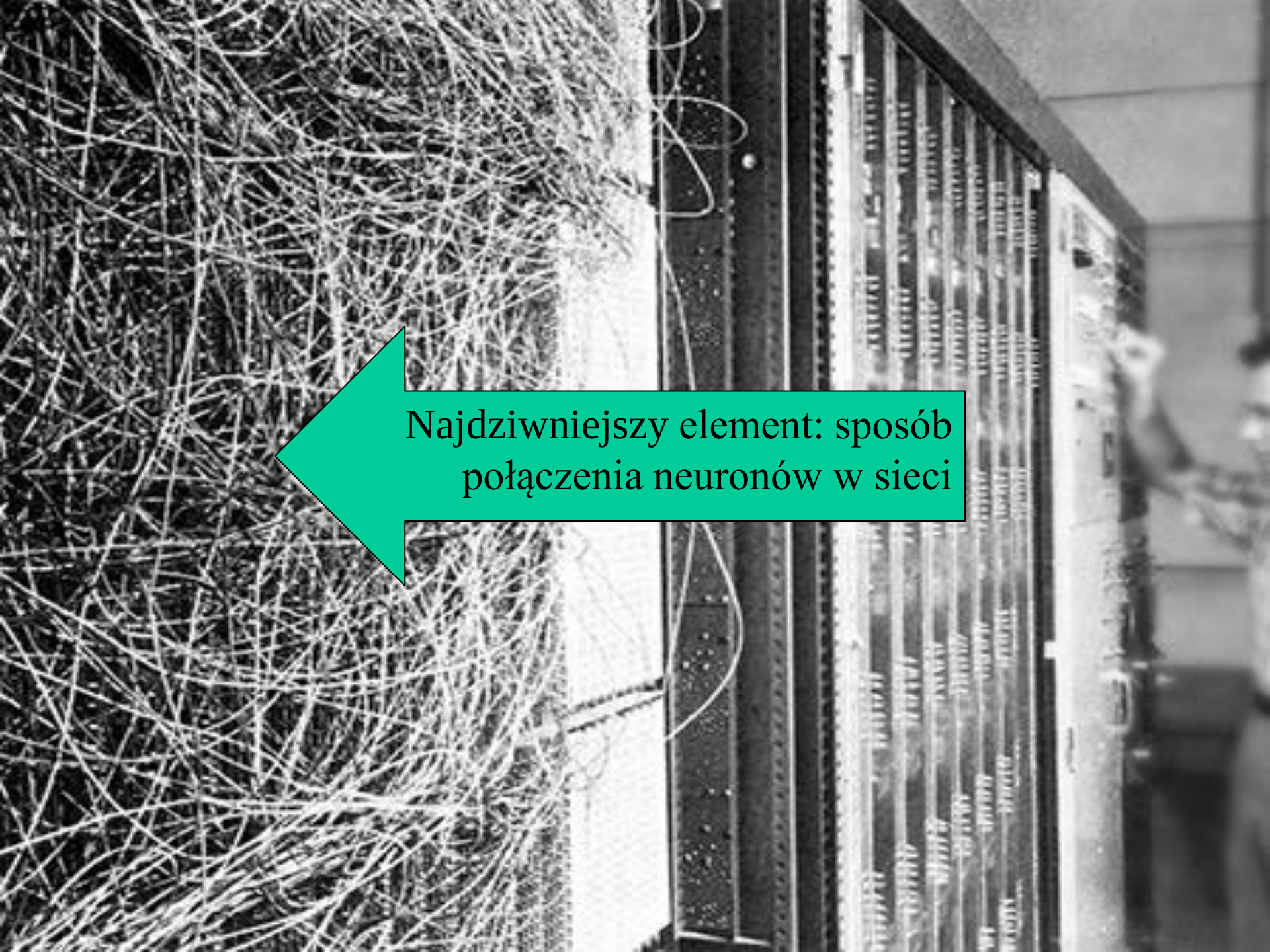




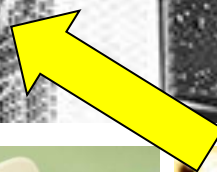
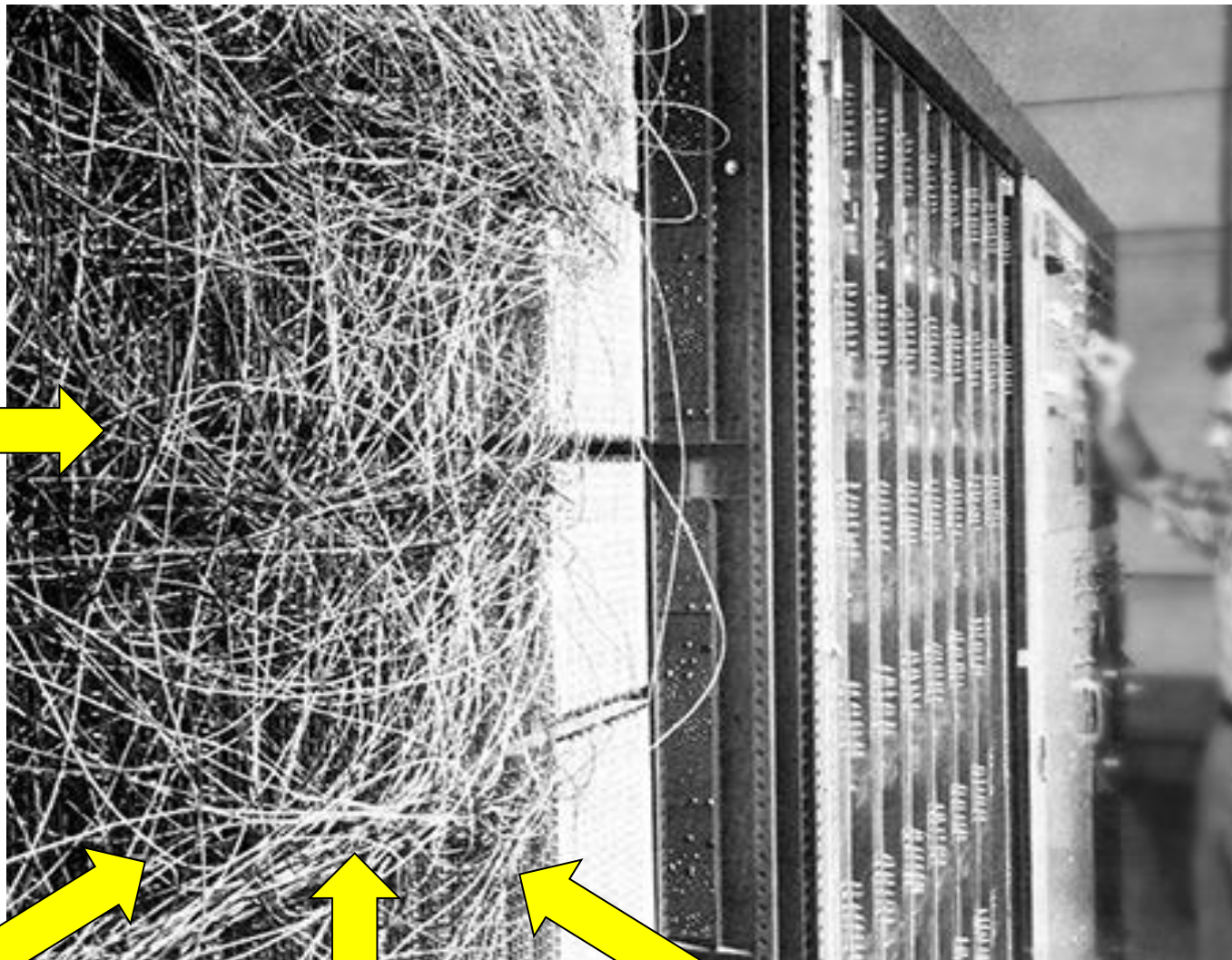


Potencjometry
realizujące w
neuronie rolę
zmiennych
wag.

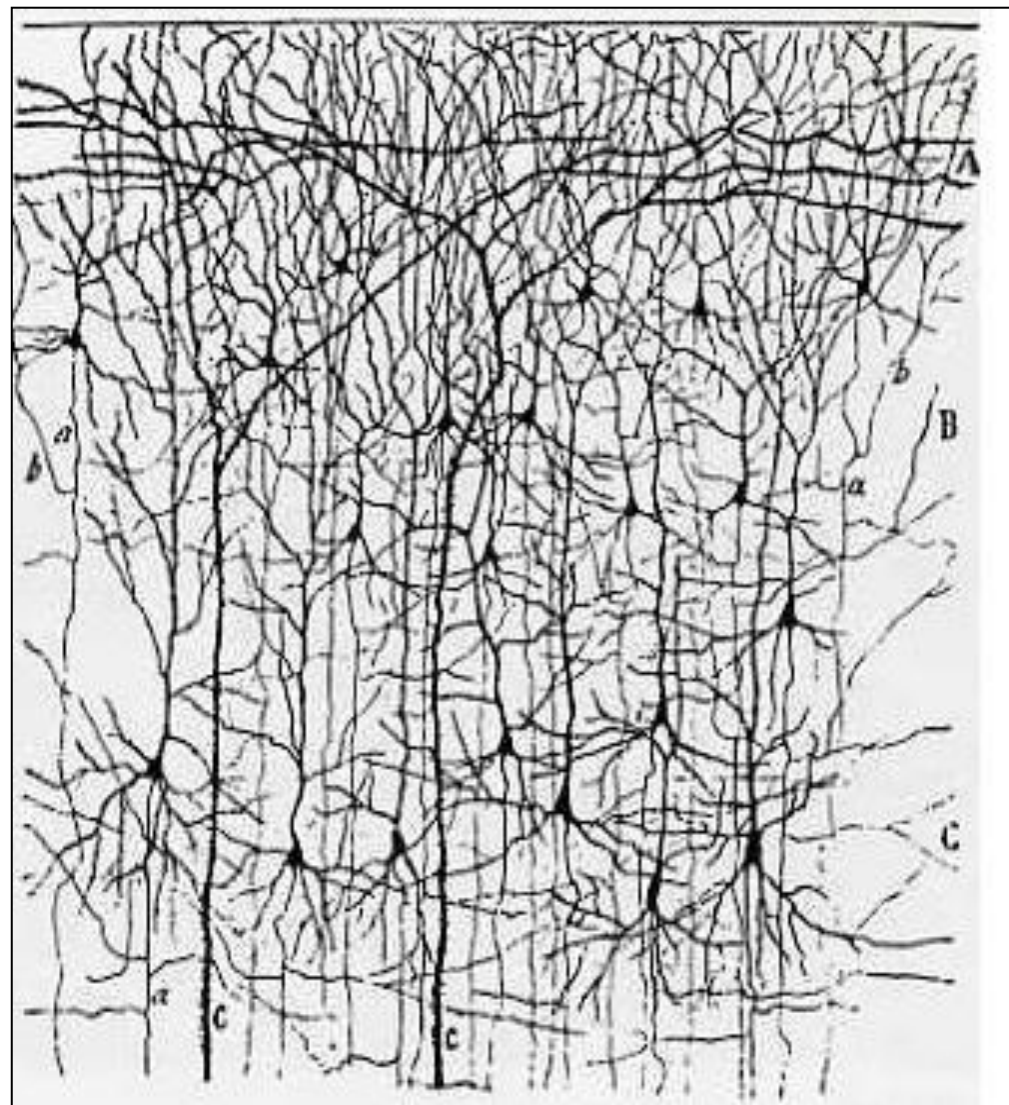
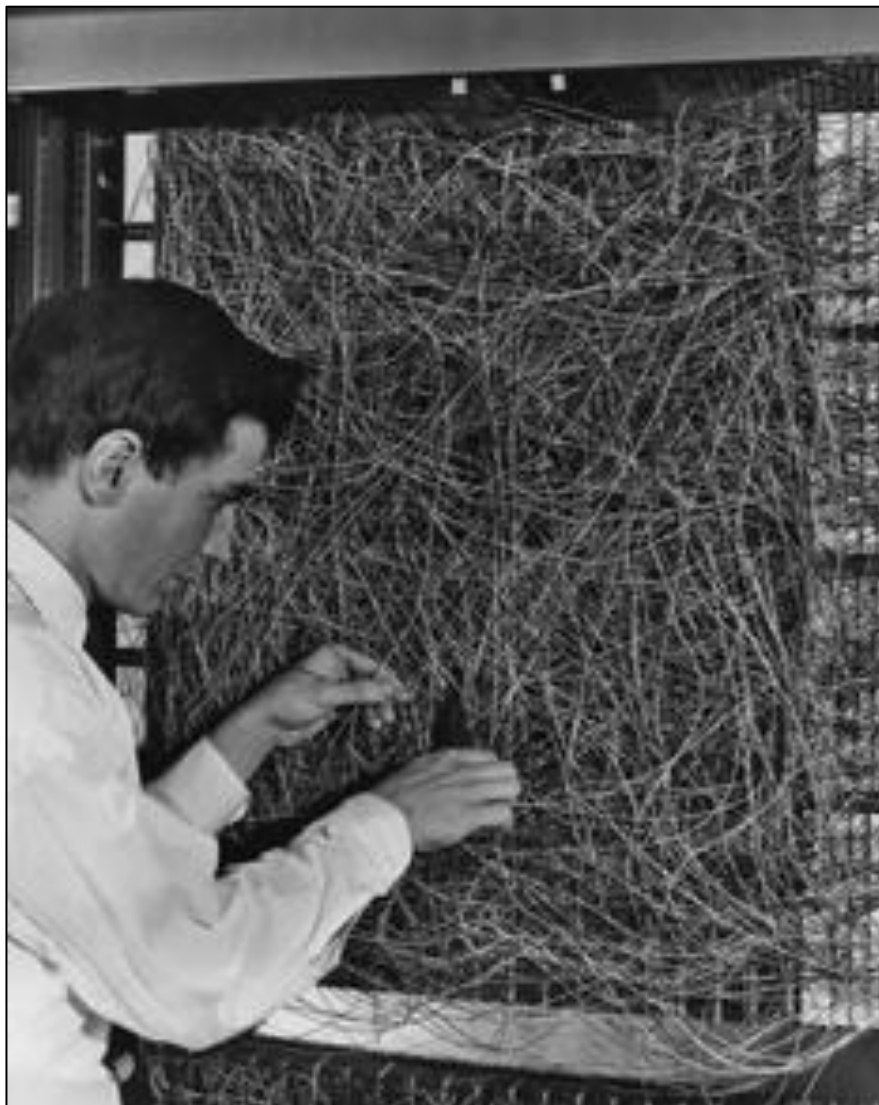
Silniczki elektryczne
obracające potencjometry w
czasie uczenia Perceptronu



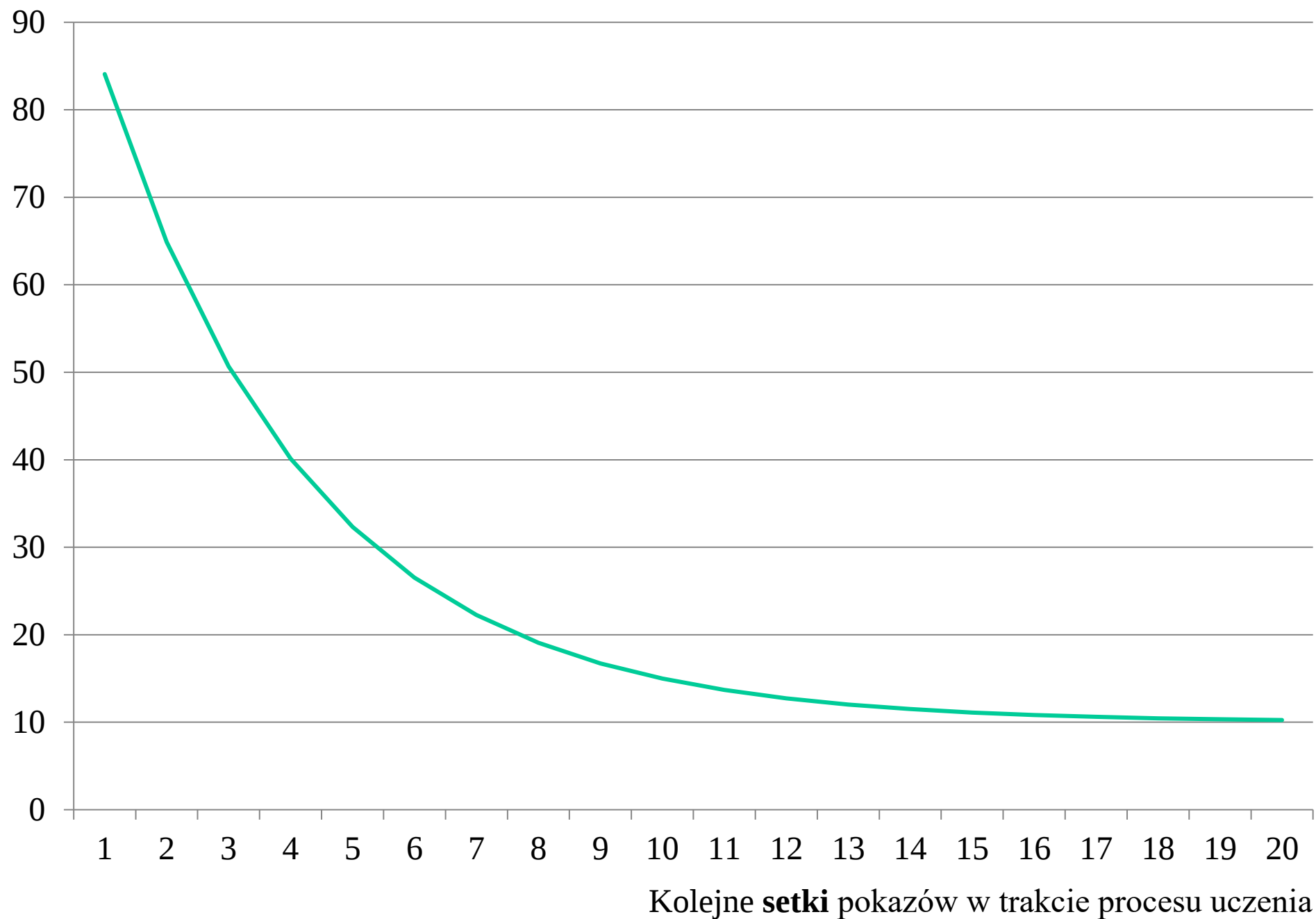
Najdziwniejszy element: sposób
połączenia neuronów w sieci



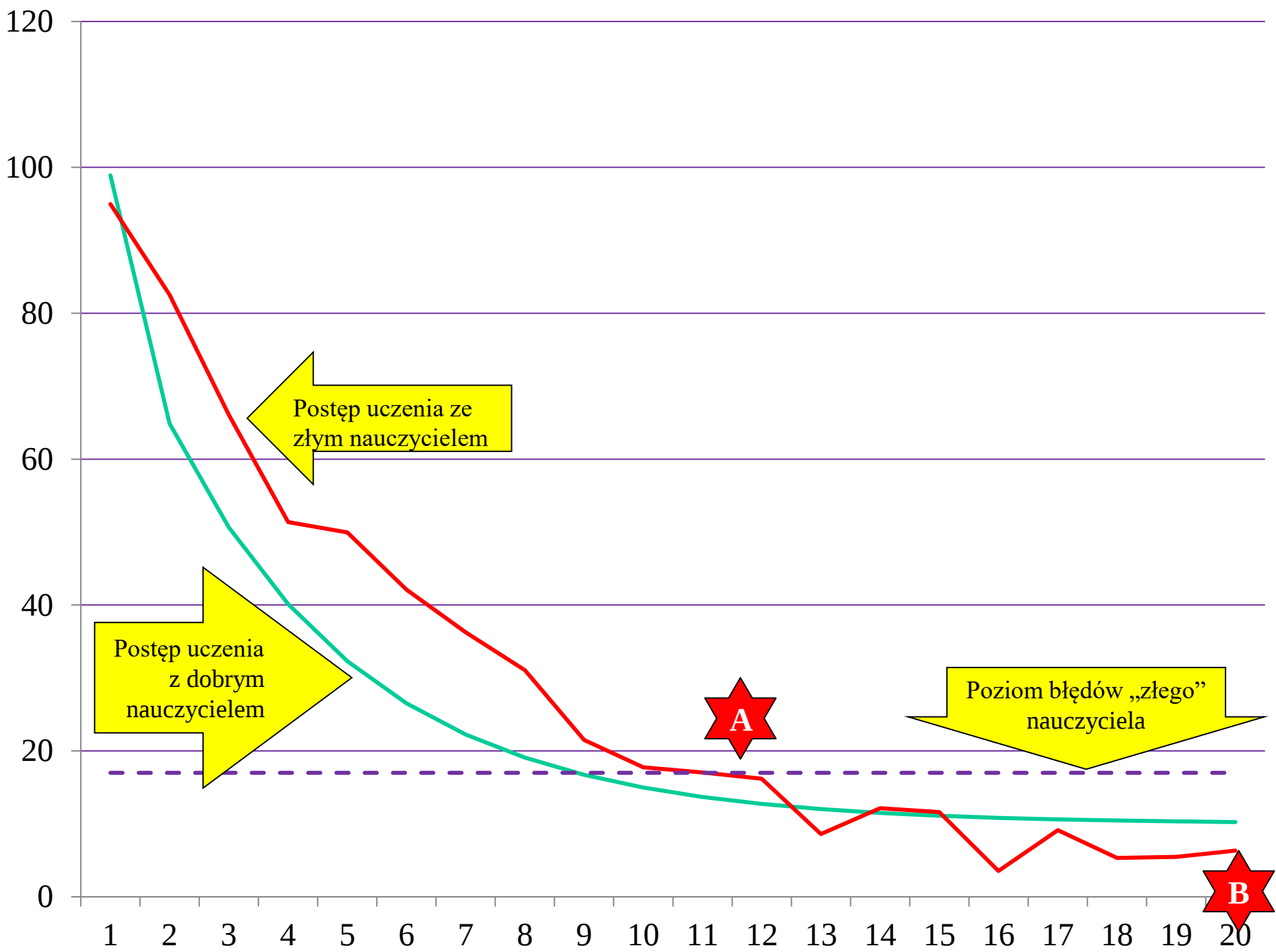
Połączenia w Perceptronie były realizowane na zasadzie losowej (po lewej pokazany jest proces konfigurowania używanej sieci neuronowej), ponieważ w tamtych czasach (lata 60. X wieku) wydawało się, że taka jest właśnie struktura połączeń w mózgu (widoczna na preparacie mikroskopowym kory mózgowej po prawej stronie).



Procent błędów popełnianych przez Perceptron



Niezwykłe doświadczenie:
uczenie przez złego nauczyciela



Dość obszerny opis doświadczeń
Rosenblatta zmieściłem jako
„przypis od tłumacza”
w wydanej w 1976 roku książce
Rozpoznawanie obrazów
„jedynie słusznych” w PRL
uczonych radzieckich

M. A. Ajzerman
E. M. Brawerman
L. I. Rozonoer

M.A. Ajzerman
E.M. Brawerman
L.I. Rozonoer

Rozpoznawanie
obrazów

Metoda funkcji potencjalnych

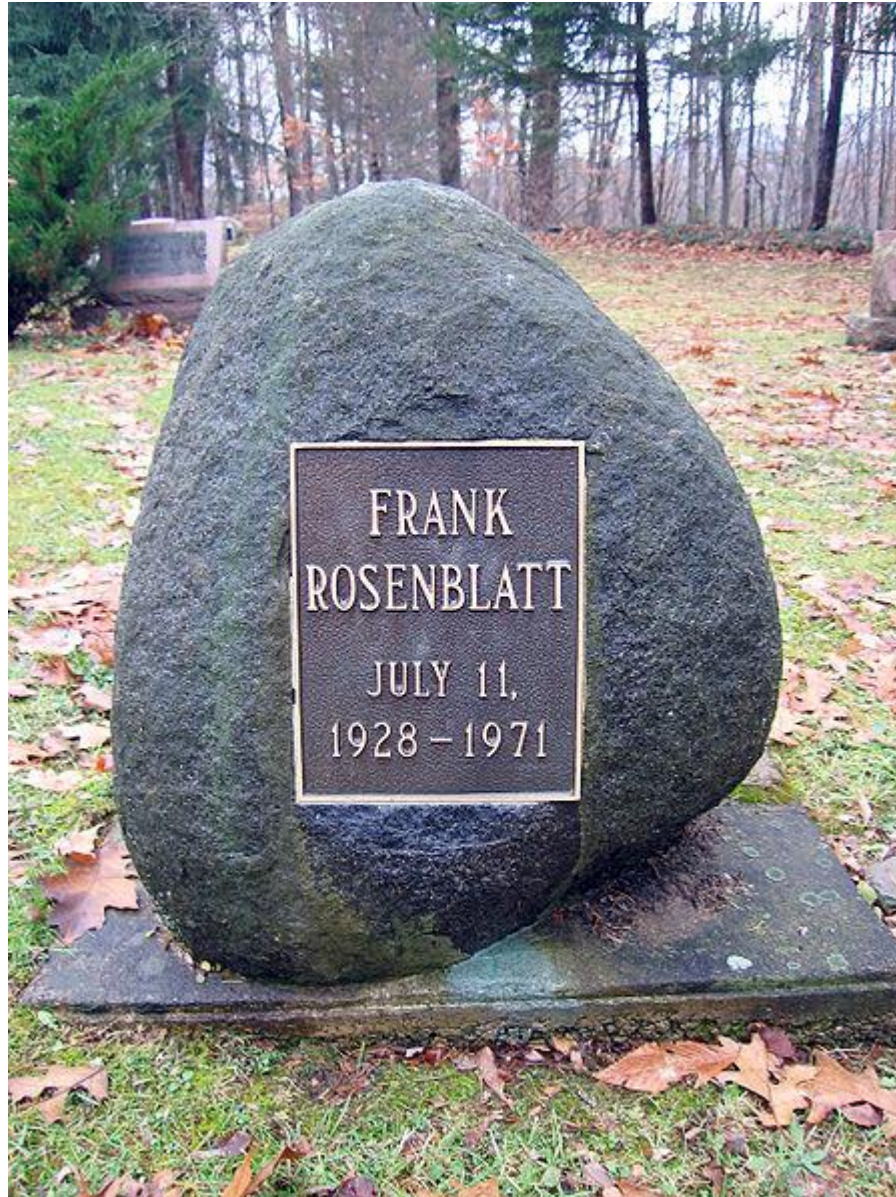
Rozpoznawanie obrazów

Metoda funkcji potencjalnych

TLUMACZYŁ

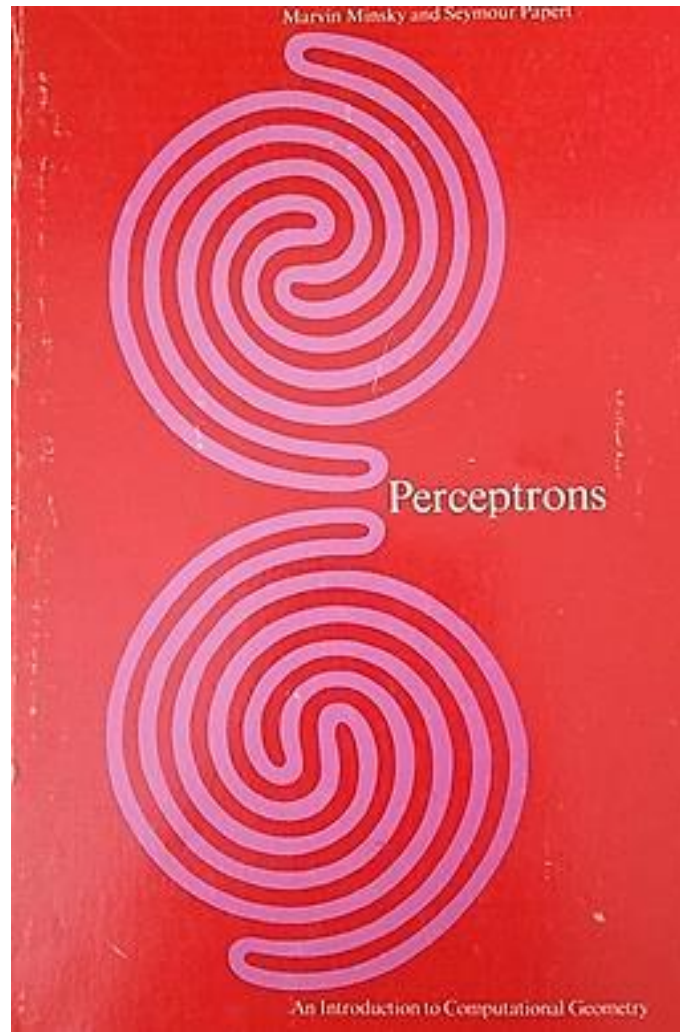
DR INŻ. RYSZARD TADEUSIEWICZ

Niestety Rosenblatt też nie dożył momentu,
kiedy mógłby się ubiegać o Nobla



Noblistą z Fizyki
został natomiast John Hopfield

Odblokował on w 1982 roku „paraliż AI”
jaki nastąpił po publikacji w 1969 roku
książki *Perceptrons*.



W książce tej Marvin Minsky
dowodził, że perceptrony do
niczego się nie nadają

Książką tą Marvin Minsky
zablokował badania sieci
neuronowych
na ponad 10 lat!

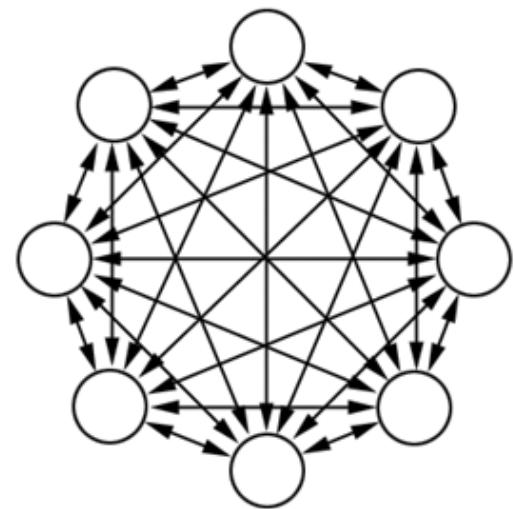
Nikt się nie ośmielił badać sieci neuronowych, bo na to nie było grantów, funduszy od wojska oraz od przedsiębiorców.

Można było stracić pracę!

John Hopfield miał jednak odwagę
zdjąć tę „blokadę”.

W 1982 roku wygłosił referat na
posiedzeniu Akademii Nauk
w Waszyngtonie na temat:
*"Sieci neuronowe i systemy
fizyczne z pojawiającymi się
zbiorowymi zdolnościami
obliczeniowymi"*

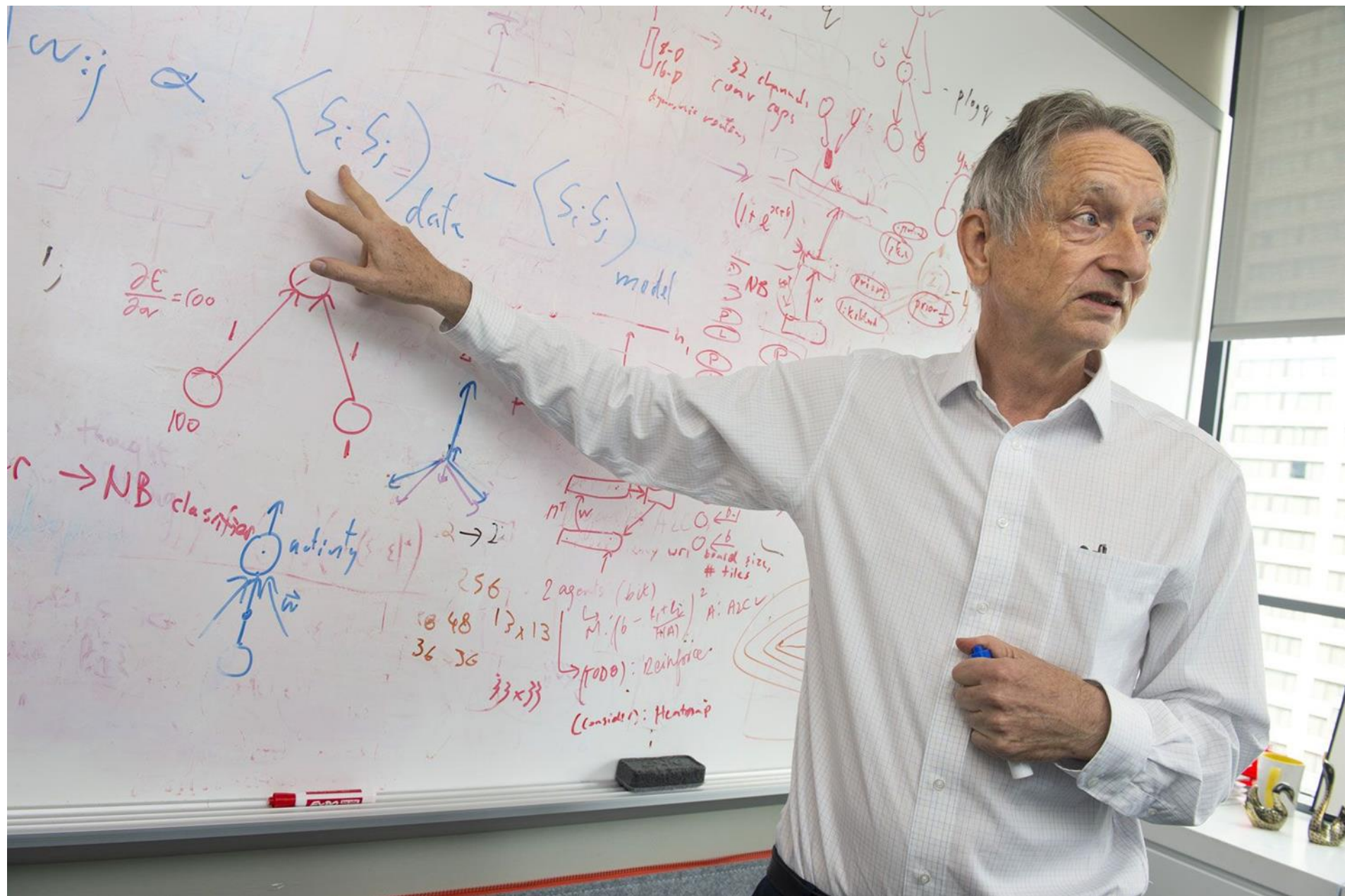
John Hopfield i jego sieć



Główne zastosowanie
Sieci Hopfielda
wiąże się
z budową
tzw. pamięci
autoasocjacyjnych

Ale sieci neuronowe Hopfieldda
mogą także rozwiązywać
problemy optymalizacyjne

Drogim Noblem z Fizyki
wyróżniony został
Geoffrey Everest Hinton



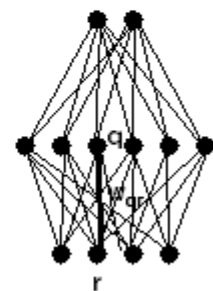
Wyróżniono go ze względu na
wkład jaki wniósł do techniki
uczenia nowoczesnych sieci
neuronowych

Nie otrzymał niestety Nagrody Nobla ten, który opracował najważniejszy element: metodę uczenia **wielowarstwowych** sieci neuronowej

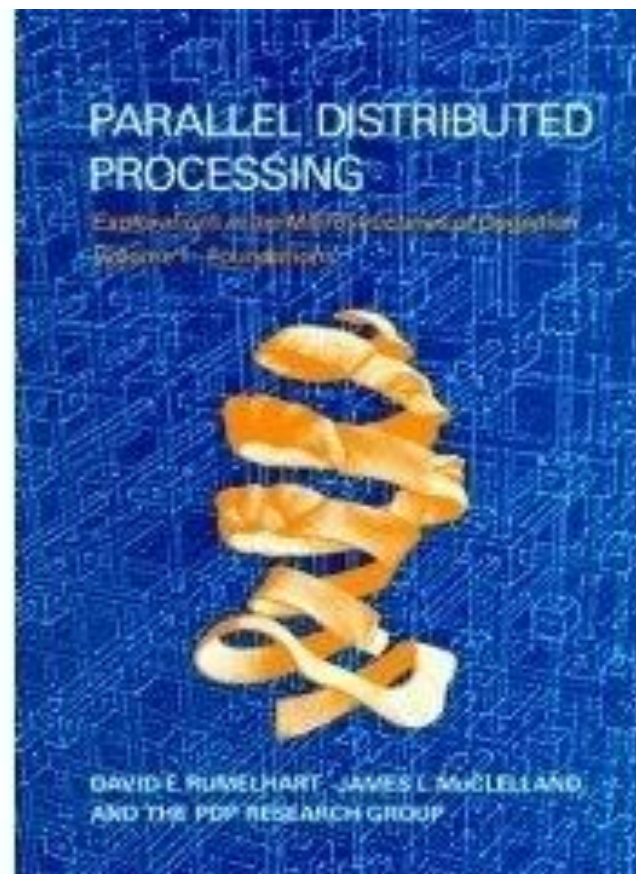
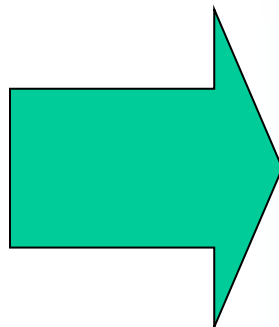


Dokonał tego w 1986 roku
Paul Werbos

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial E}{\partial w_{qr}} &= \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L \frac{\partial E}{\partial z_q^{(k)}} \frac{\partial z_q^{(k)}}{\partial w_{qr}} \\
 &= \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^m (t_j^{(k)} - y_j^{(k)}) f'_{2j}(\text{net}_j^{(k)}) w_{jq} \frac{\partial z_q^{(k)}}{\partial w_{qr}} \\
 &= \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^m \delta_{2j}^{(k)} w_{jq} f'_{1j}(\text{net}_q^{(k)}) x_r^{(k)} \\
 &= \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L \left[f'_{1j}(\text{net}_q^{(k)}) \sum_{j=1}^m w_{jq} \delta_{2j}^{(k)} \right] x_r^{(k)} \\
 &= \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L \delta_{1q}^{(k)} x_r^{(k)}
 \end{aligned}$$



Metodę tę spopularyzował 1986 roku
David Rumelhart



Ale została ona powszechnie
przyjęta dopiero wtedy, gdy
zaprezentował ją właśnie
Geoffrey Everest Hinton

Zresztą Hinton miał potem także inne ważne zasługi.

Wprowadził on tak zwane
głębokie sieci neuronowe
oraz pojęcie głębokiego uczenia

Więc Nobel mu się należał.

Ale Paula Werbosa mi żał...

Z Paulem Werbosem miałem
dość szczególny kontakt

Preface.....	xi
Acknowledgments	xiii
Editorial Board	xv
Editors.....	xvii
Contributors	xxi

PART I Introductions

1 Introduction to Intelligent Systems.....	1-1
<i>Ryszard Tadeusiewicz</i>	

Pierwszy rozdział pierwszej części tej książki
napisałem na zaproszenie edytorów właśnie ja



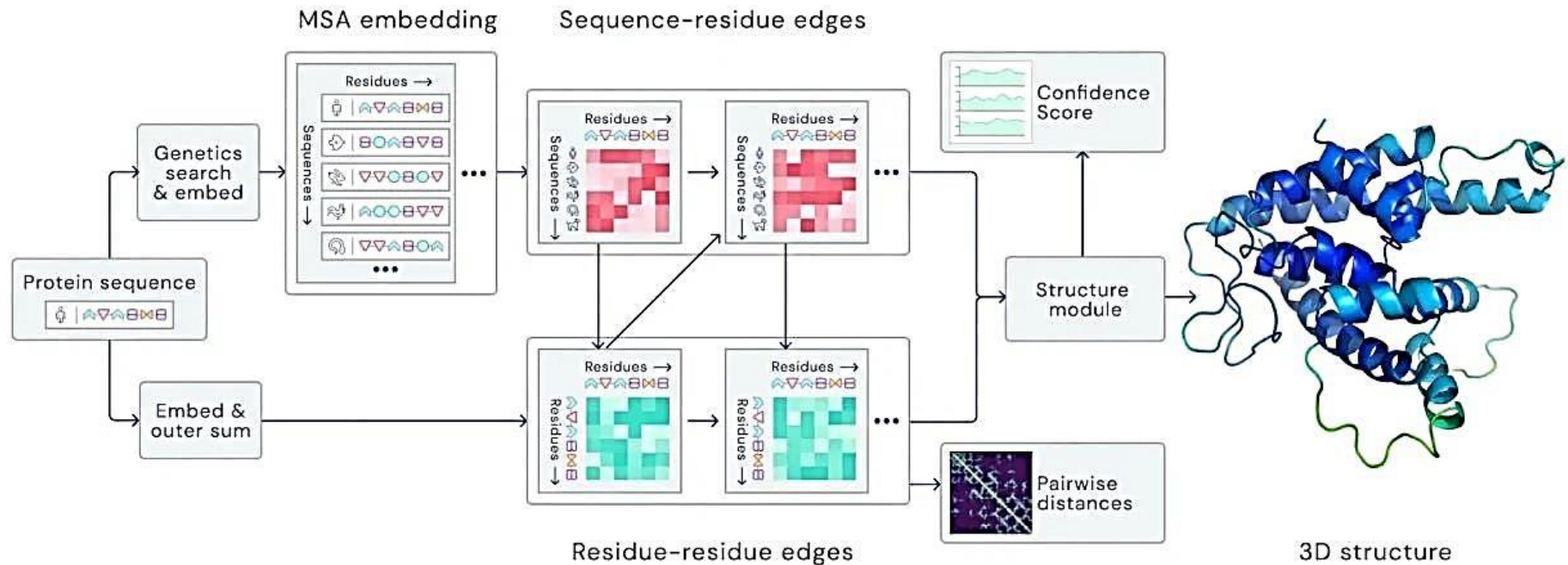
Nagrodę Nobla z Chemii
otrzymali dwaj twórcy opartego
na użyciu sieci neuronowych
programu o nazwie AlphaFold2

Pozwala on przewidywać
przestrzenną strukturę
cząsteczek białka na podstawie
sekwencji aminokwasów.

Istota opracowanej metody



To ma ogromne znaczenie dla biologii, medycyny, rolnictwa itp.



Eksperymenty pozwoliły na identyfikację kształtu 170 000 białek w ciągu 60 lat.

Białek (ważnych biologicznie) jest jednak ponad 200 mln!

AlphaFold2 osiągnął stopień dopasowania 90% dla 2/3 znanych białek!

Nobliści którzy tego dokonali to:
Demis Hassabis oraz John Jumper

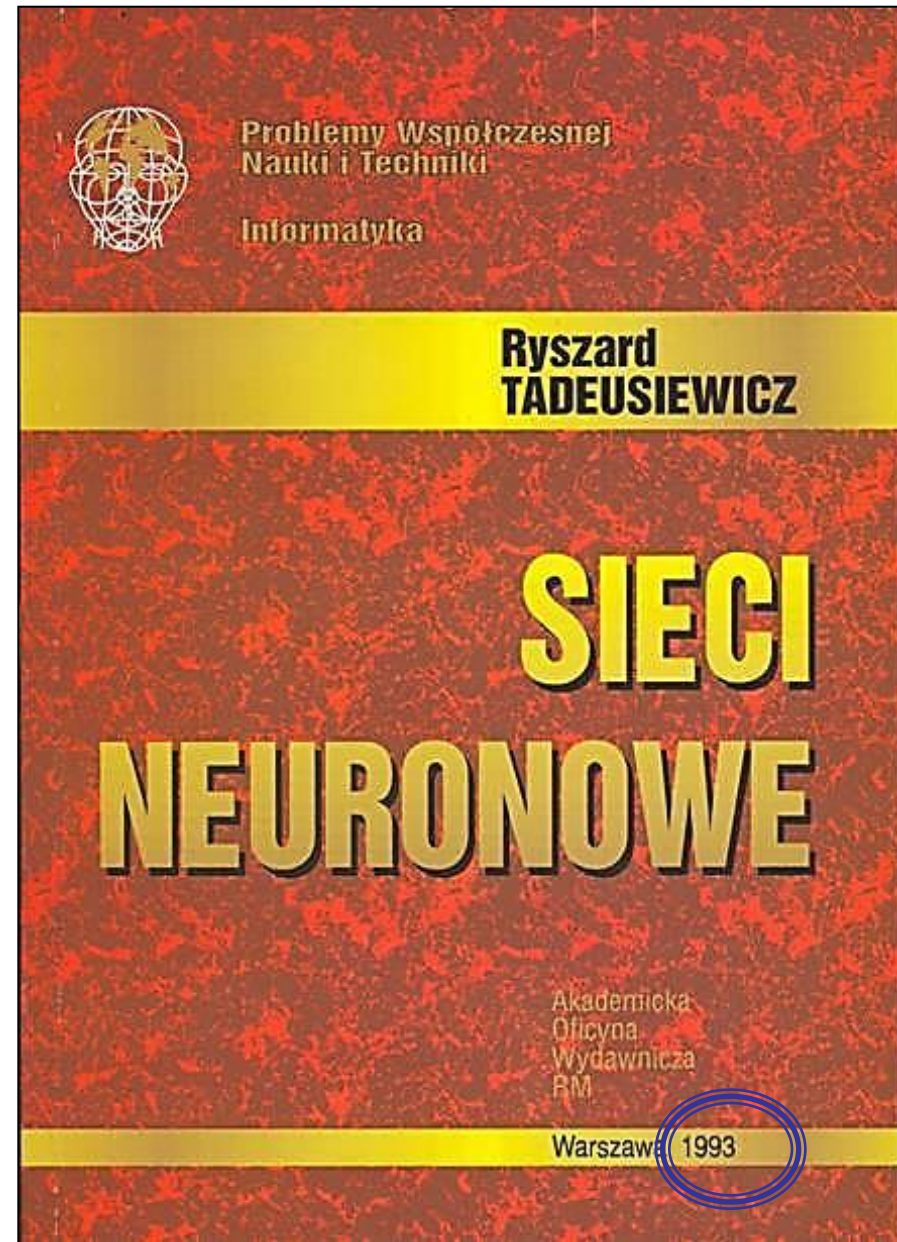
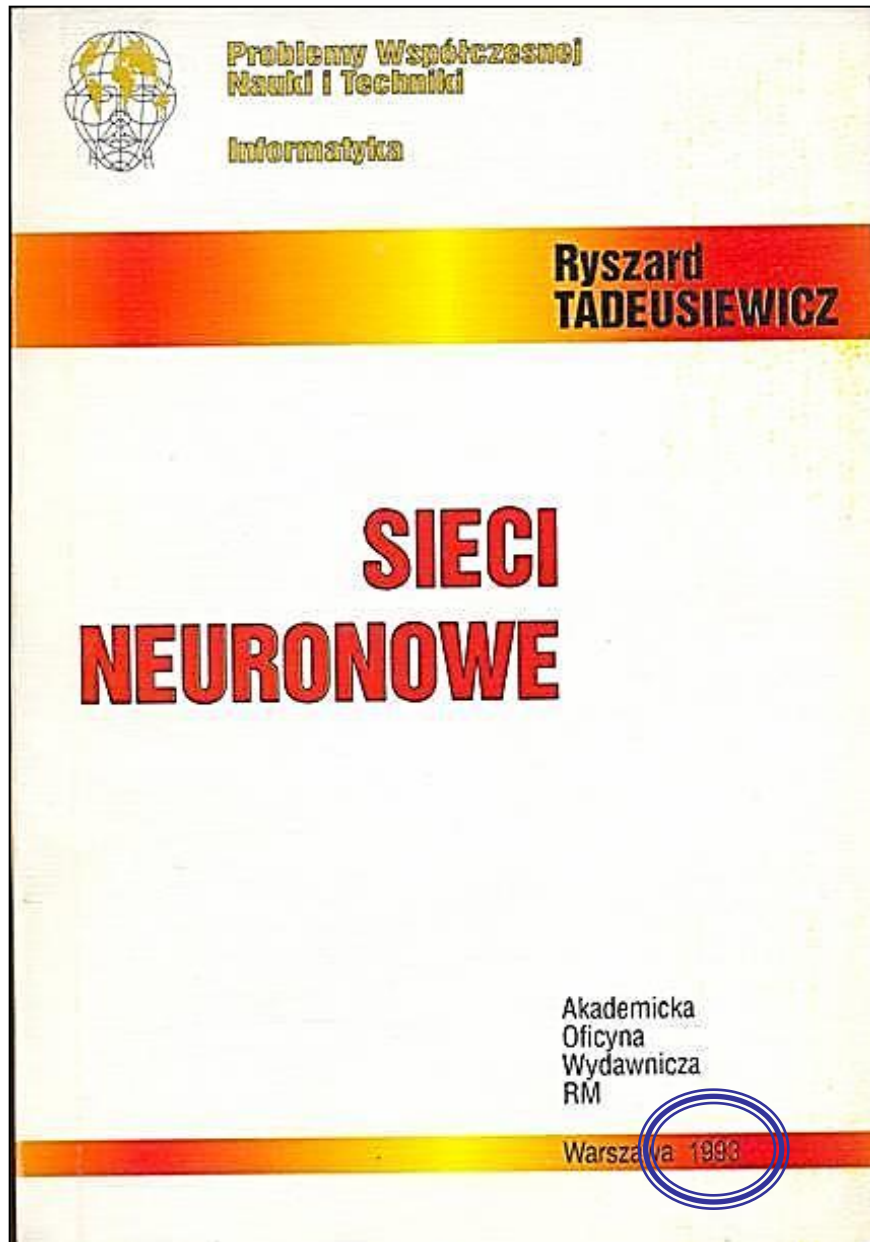


Obaj pracują w firmie
DeepMind
wykupionej przez Google
i należącej do Alphabet

Jest pytanie, jakim prawem
właśnie ja o tym tu opowiadam?

Tak się złożyło, że pierwsze badania sieci neuronowych w Polsce właśnie ja zaczynałem na początku lat 90

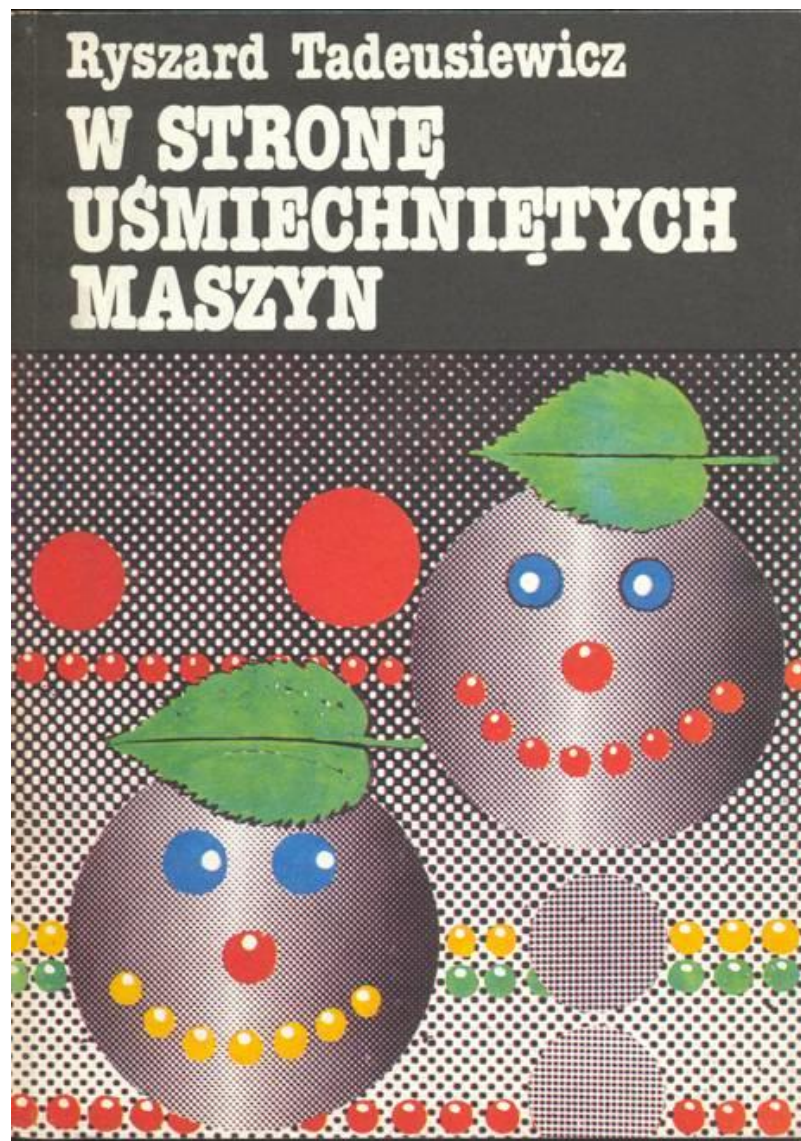
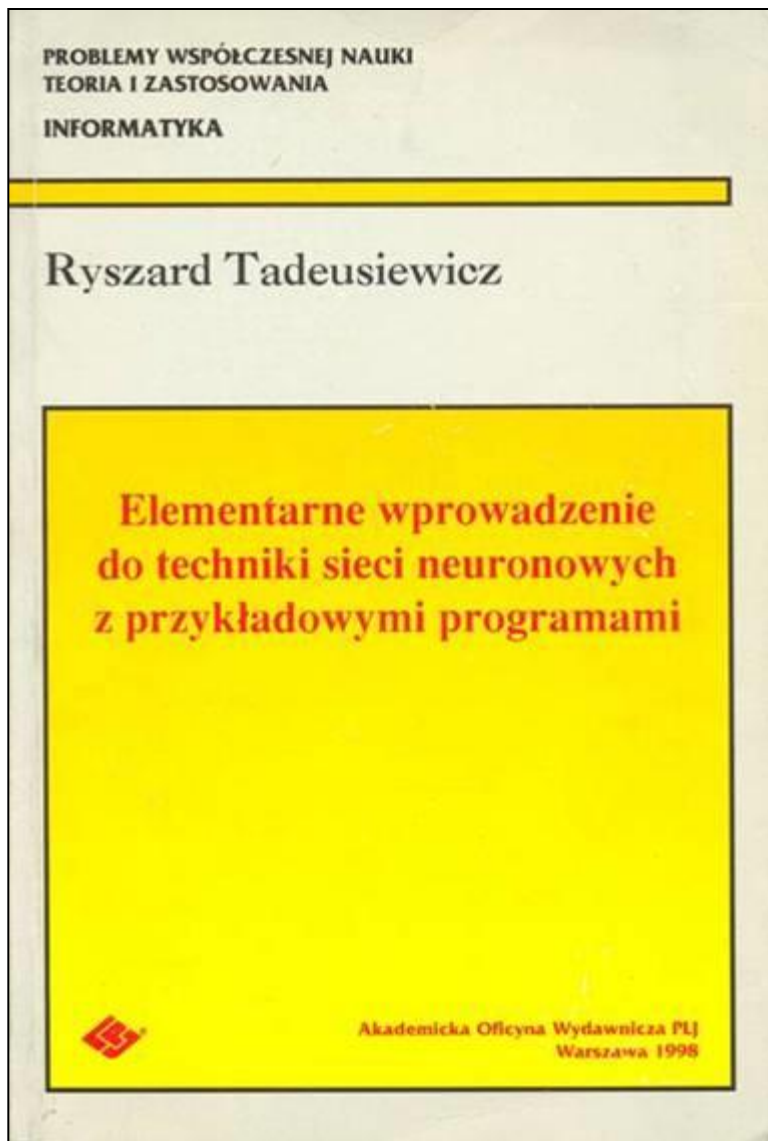
Pierwsza książka o sieciach neuronowych miała dwa wydania w jednym roku, takie było zainteresowanie



Nawet dostałem tytuł „Pioniera sieci neuronowych w Polsce”



Napisałem też trochę książek popularyzujących tę dziedzinę



POLSKA AKADEMIA NAUK

BIOCYBERNETYKA I INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA 2000

pod redakcją
MACIEJA NAŁĘCZA

TOM 6

SIECI NEURONOWE

redaktorzy tomu

WŁODZISŁAW DUCH, JÓZEF KORBICZ,
LESZEK RUTKOWSKI, **RYSZARD TADEUSIEWICZ**



AKADEMICKA OFICyna WYDAWNICZA EXIT

POLSKA AKADEMIA NAUK

INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA PODSTAWY I ZASTOSOWANIA

Zespół Redakcyjny Monografii

Redaktor: WŁADYSŁAW TORBICZ

Z-cy Redaktora: ROMAN MANIEWSKI i JAN M. WÓJCICKI

Sekretarz: ADAM LIEBERT

TOM 9

SIECI NEURONOWE W INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

redaktorzy tomu

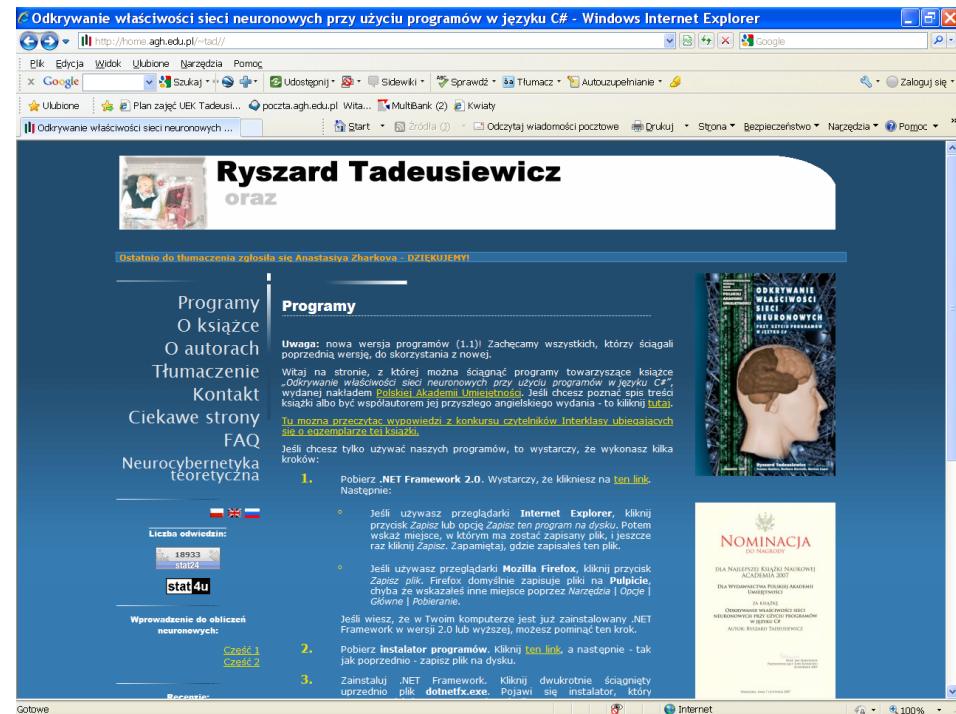
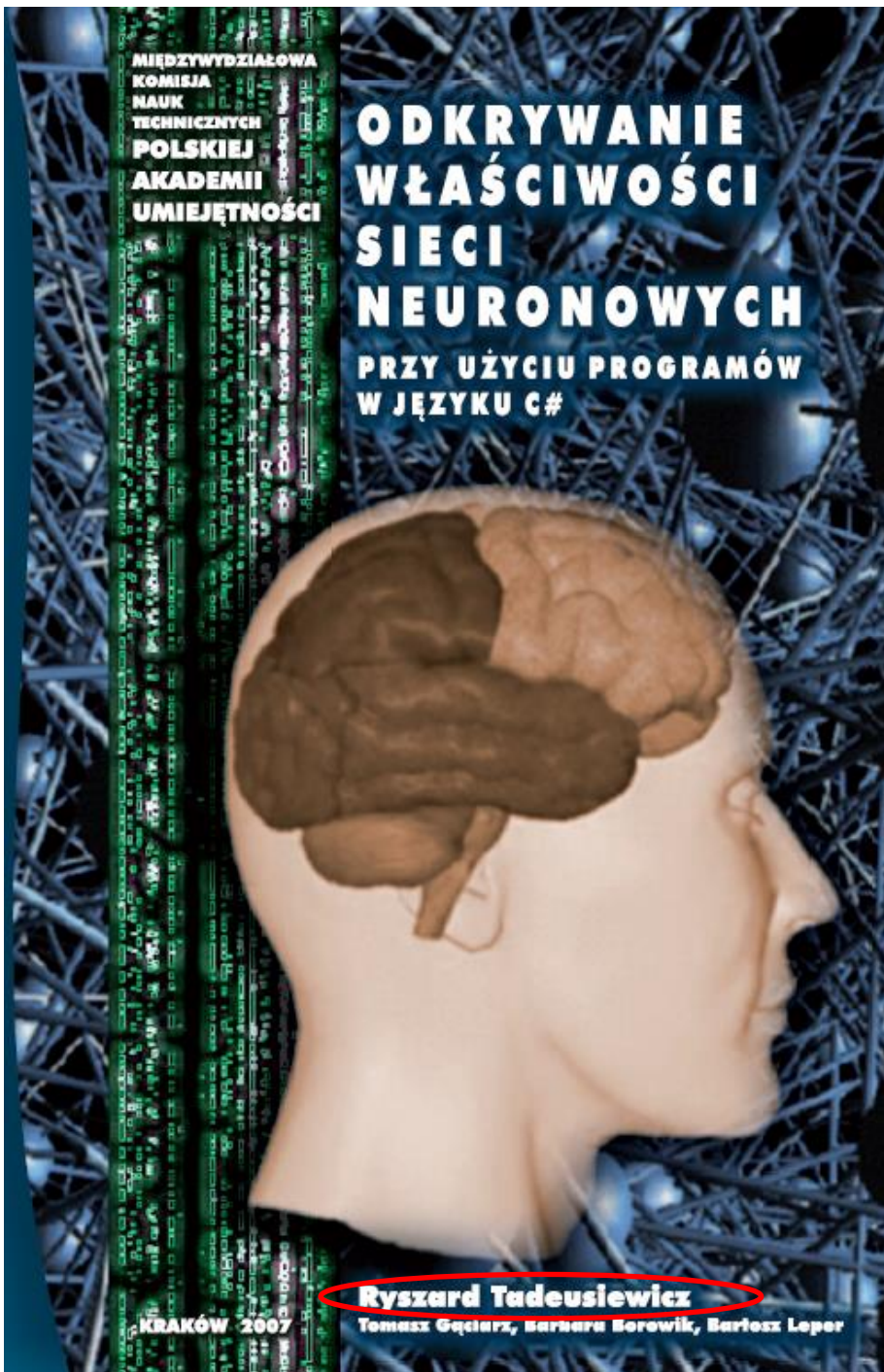
RYSZARD TADEUSIEWICZ, JÓZEF KORBICZ
LESZEK RUTKOWSKI, WŁODZISŁAW DUCH

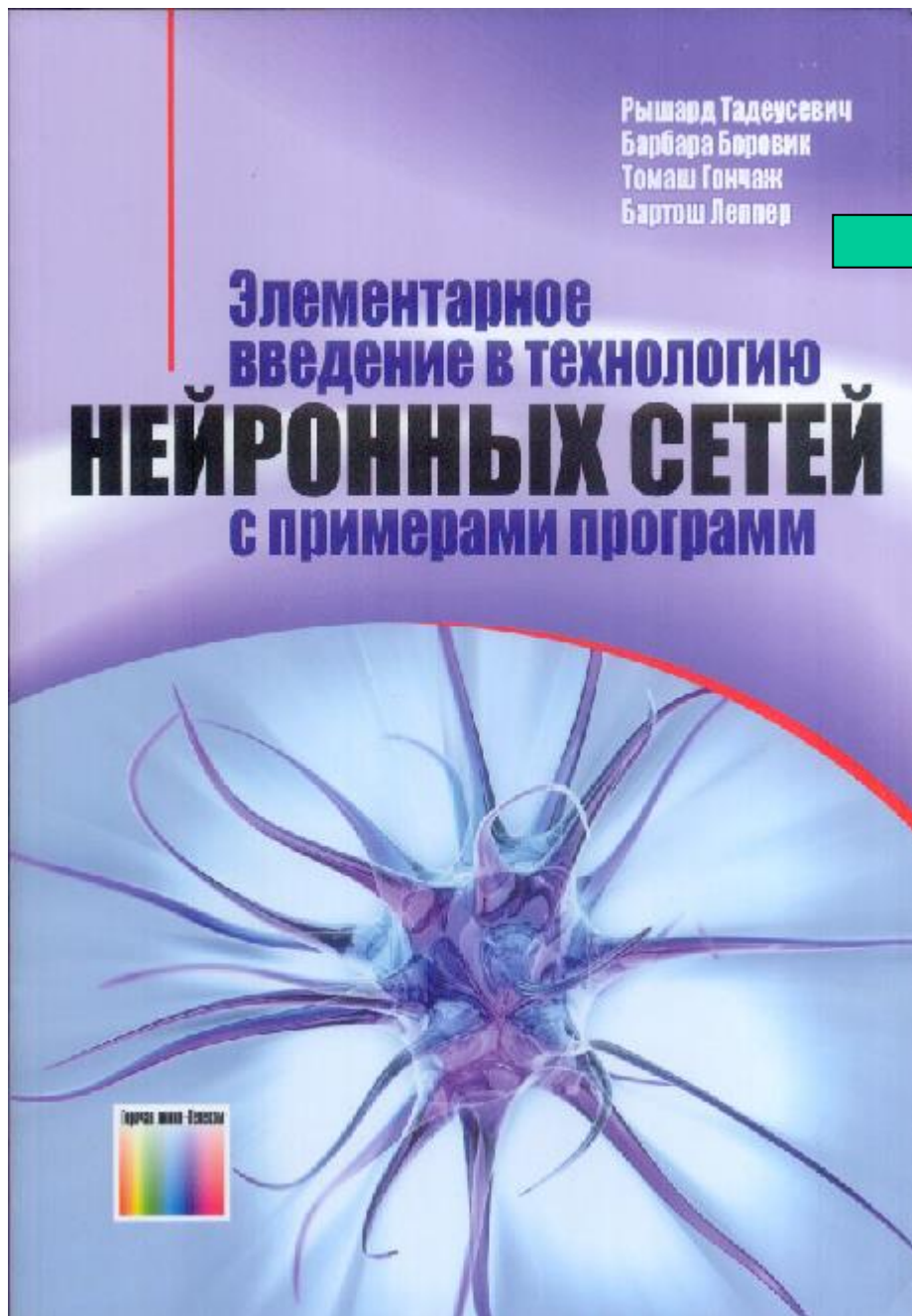
Sto lat AGH (1913-2013)



AKADEMICKA OFICyna WYDAWNICZA EXIT

Szczególnie godna
uwagi książka oraz
związana z nią
strona WWW
<http://home.agh.edu.pl/tad>





Ryszard Tadeusiewicz
Barbara Borowik
Tomasz Gąciarz
Bartosz Leper

Potem książka ta została
wydana w 2008 **także**
w Moskwie i uczyła ona
podstaw sieci neuronowych
od Kaliningradu do Władywostoku

Miło, że Rosjanie uczyli się tego
właśnie z książki napisanej przez
Polaków!

Exploring Neural Networks with C#

Następnie książkę tę
(za pośrednictwem
Hindusów) „odkryli”
Amerykanie i wydali
ją w 2014 roku.

Ryszard Tadeusiewicz

Rituparna Chaki

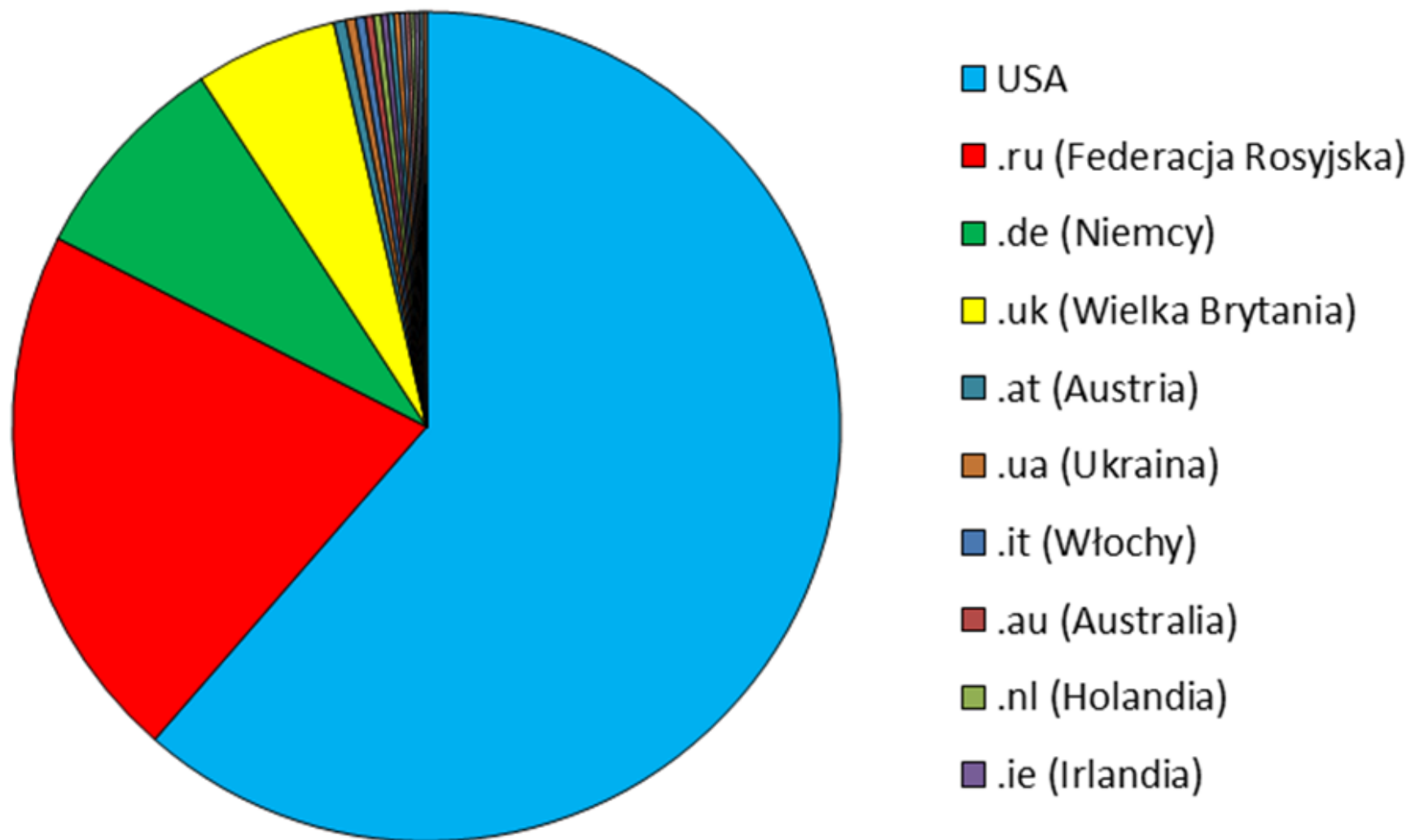
Nabendu Chaki



Statystyka odwiedzin strony z programami (dane na dzień 19.10.2024)

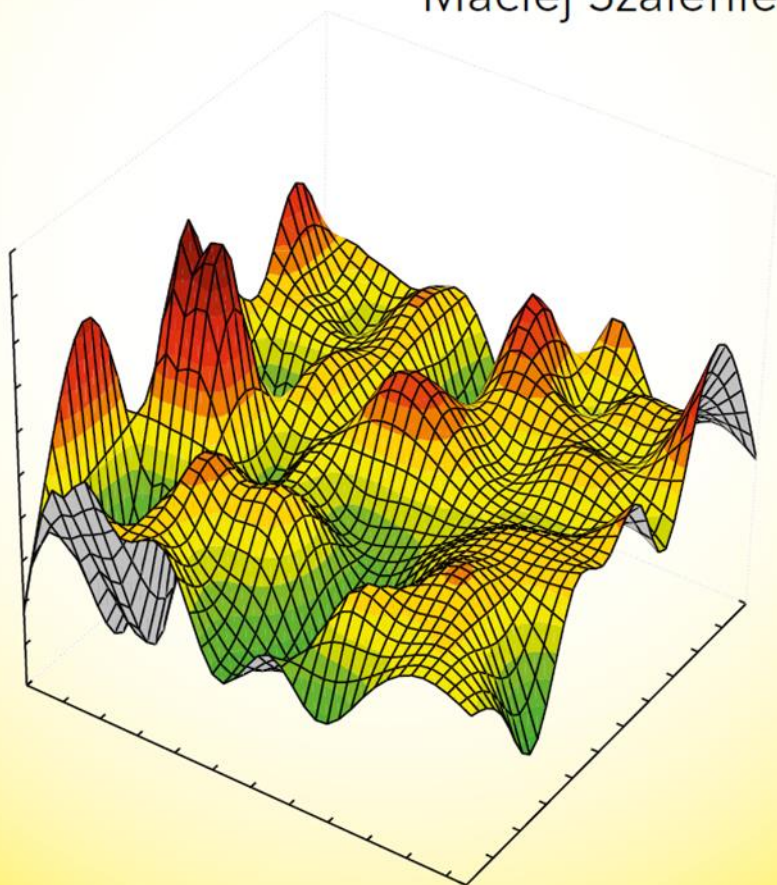
Podsumowanie:				
Całkowita liczba odwiedzin:	67835			
Odwiedzin w latach:	2024	2023	2022	2021
	114	230	274	867

Statystyka odwiedzin strony (bez Polski)



LEKSYKON SIECI NEURONOWYCH

Ryszard Tadeusiewicz
Maciej Szaleniec



Wydana w 2015
roku książka
w formie ebooka.

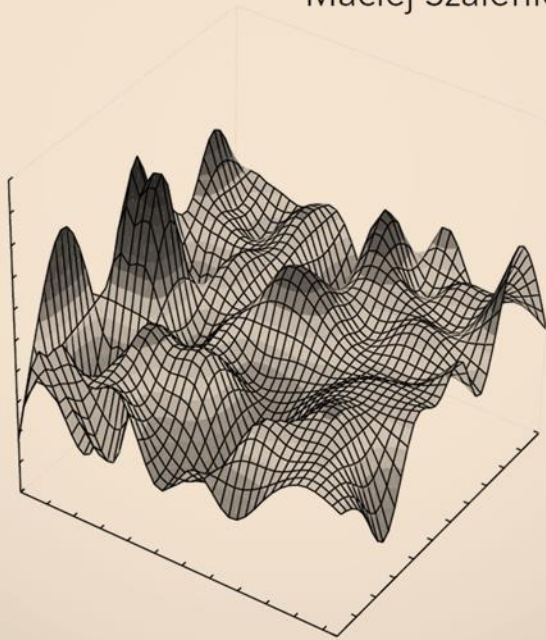
PROJEKT
NAUKA

FUNDACJA
NA RZECZ PROMOCJI
NAUKI POLSKIEJ

amazonkindle

LEKSYKON SIECI NEURONOWYCH

Ryszard Tadeusiewicz
Maciej Szaleniec



Książkę tę szybko wydali u siebie
Rosjanie

В словаре собраны многочисленные понятия, применяемые в теории и практике нейронных сетей, с объяснением их содержания. Представлена основная терминология современного аппарата искусственных нейронных сетей. Приведены определения каждого понятия, сопровождаемые наглядной графической интерпретацией, и отсортированные в алфавитном порядке. При использовании электронного варианта книги доступны гиперссылки, демонстрирующие связь между понятиями.

Толковый словарь построен таким образом, чтобы читатель другой статьи или книги, столкнувшийся с непонятным термином, мог получить разъяснение по возникшему вопросу и сразу вернуться к чтению того, что интересует его в первую очередь.

Для широкого круга читателей, интересующихся вопросами, связанными с практическим использованием искусственных нейронных сетей.

Тадеусевич Рышард,
Шаленец Мачей

нейронные СЕТИ

толковый словарь

Сайт издательства:

www.techbook.ru

ISBN 978-5-9912-0833-8



толковый словарь

сети

нейронные

Тадеусевич Рышард,
Шаленец Мачей

нейронные СЕТИ

толковый словарь

Горький полиграфический комбинат



Neurocybernetyka teoretyczna

pod redakcją naukową
Ryszarda Tadeusiewicza



Książkę na temat sieci
neuronowych
zamówiło też u mnie
Wydawnictwo
Uniwersytetu
Warszawskiego (2009)



Также и эту книгу
выдали Rosjanie

ОСНОВЫ нейрокибернетики

Систематизированы обширные сведения в области нейрокибернетики – научного направления, которое изучает принципы работы и закономерности процессов управления и переработки информации в живых нервных системах. Изучение нейрокибернетики позволяет взглянуть на нервную систему и на феномен человеческого мозга с очень специфической перспективой: благодаря нейроанатомии мозг можно исследовать, благодаря нейрофизиологии – познать его функционирование, в то время как нейрокибернетика с помощью ее методов и моделей предоставляет уникальную возможность попытаться *понять* мозг.

Для широкого круга студентов, аспирантов и специалистов в области информатики, кибернетики, математики, медицины, биологии, представителей гуманитарных наук – психологии, социологии, когнитивистики, лингвистики.

Сайт издательства:

www.techbook.ru

ISBN 978-5-9912-0435-4



ОСНОВЫ НЕЙРОКИБЕРНЕТИКИ

ОСНОВЫ нейрокибернетики



Ale na AGH nikt tego nie ceni...