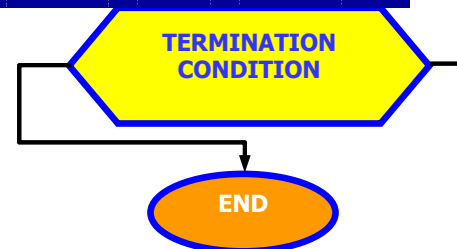
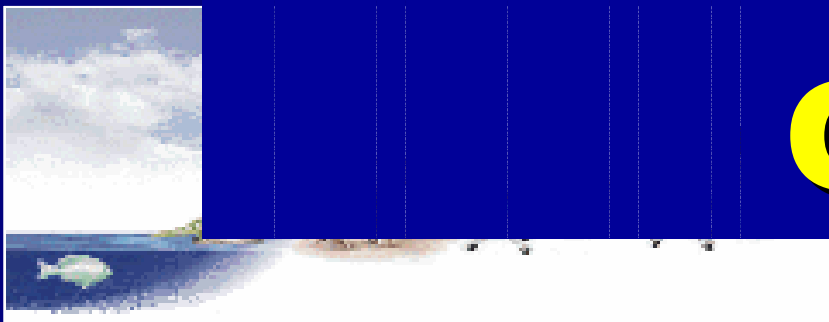


# ALGORYTMY EWOLUCYJNE CZ. 1



**INTELIGENTNE  
TECHNIKI  
OBLICZENIOWE**

**ALGORYTMY  
EWOLUCYJNE**

**SIECI  
NEURONOWE**

**SYSTEMY  
ROZMYTE**

***(Computational Intelligence)***

I jeszcze systemy ekspertowe...

# Powiązania:

**AE** ➔ budowa baz reguł i f. przynależności **SR**

**AE** ➔ wagi i topologia **SN**

**SN** ➔ dobór parametrów **AE**

**SR** ➔ dobór parametrów **AE**

**SR** ➔ dobór parametrów **SN**

**SN** ➔ zdolność uczenia się **SR**

1. AE  
2. SN  
3. SR

# LUDZKA INTELIGENCJA

## FORMY INTELIGENCJI:

- **Praktyczna**: umiejętność rozwiązywania konkretnych zagadnień.
- **Abstrakcyjna**: zdolność operowania symbolami i pojęciami.
- **Spółeczna**: umiejętność zachowania się w grupie.

# LUDZKA INTELIGENCJA

## CECHY INTELIGENCJI:

- Dopasowanie działania do okoliczności.
- Świadomość działania.
- Znajomość własnych ograniczeń.

# INTELIGENCJA OBLICZENIOWA

## (Computational Intelligence, CI)

- Rozwiązywanie obliczeniowo problemów, które nie są efektywnie algorytmizowalne,
- Korzysta z metod matematycznych oraz inspiracji: biologicznych, biocybernetycznych, psychologicznych, statystycznych, logicznych, informatycznych, inżynierskich i innych.

## Cechy inteligentnego systemu:

- zdolność do przyswajania nowej wiedzy;
- **samoadaptacja** (krótki okres wiarygodności informacji);
- **akceptacja** danych niepełnych i nie w pełni spójnych logicznie;
- **kreatywność** (np. opracowywanie reguł czy wniosków niewynikających bezp. z materiału faktograficznego).

# SZTUCZNA INTELIGENCJA

(Artificial Intelligence, AI – część CI)

**John McCarthy (1955):** „Konstruowanie maszyn, o których działaniu dałoby się powiedzieć, że są podobne do ludzkich przejawów inteligencji”.

**TEST TURINGA (1950):** Maszyna jest inteligentna, jeżeli znajdujący się w innym pomieszczeniu obserwator nie zdoła odróżnić jej odpowiedzi od odpowiedzi człowieka.



# TEST TURINGA



- Sędzia - człowiek - prowadzi rozmowę w języku naturalnym z pozostałymi stronami;
- Jeśli sędzia nie jest w stanie wiarygodnie określić, czy któraś ze stron jest maszyną czy człowiekiem, wtedy mówi się, że maszyna przeszła test.
- Zakłada się, że zarówno człowiek jak maszyna próbują przejść test jako człowiek.

# TEST TURINGA - wizje

- Turing oczekiwał, że maszyny w końcu będą w stanie przejść ten test.
- Oceniał, że około roku 2000 maszyny z pamięcią o pojemności 10<sup>9</sup>bitów (około 119 MB) będą w stanie oszukać 30% ludzkich sędziów w czasie pięciominutowego testu.
- Przepowiedział również, że ludzie przestaną uważać zdanie "myśląca maszyna" za wewnętrznie sprzeczne.

# TEST TURINGA – spory:

- Maszyna, która przejdzie test Turinga może być w stanie symulować ludzkie zachowanie konwersacyjne, co nie musi świadczyć o inteligencji (może używać sprytnie wymyślonych reguł)
- Maszyna może być inteligentna bez ludzkiej umiejętności gawędzenia.
- Wielu ludzi mogłoby nie być w stanie zaliczyć takiego testu.

# TEST TURINGA – spory:

- **Ale:** inteligencję innych ludzi oceniamy zazwyczaj wyłącznie na podstawie tego co i jak mówią.
- **I jeszcze:** niekiedy by zaliczyć test maszyna musiałaby symulować brak posiadanej wiedzy czy umiejętności.

**JAK DOTĄD ŻADEN KOMPUTER  
NIE ZALICZYŁ TESTU TURINGA...**

# ELIZA:

- pierwszy program naśladowujący zwykłą konwersację;
- **Efekt Elizy** - zjawisko przypisywania przez ludzi znaczenia i sensu znakom, słowom i zdaniom, które takiego sensu same z siebie nie mają (np: interpretowanie przypadkowych wzorów tworzonych przez chmury na niebie jako obrazy, które przedstawiają jakieś konkretne kształty).

# ELIZA - przykłady:

(**C** - człowiek, **E** - ELIZA)

**C:** Czy jesteś człowiekiem?

**E:** Być człowiekiem... czy to coś znaczy...

**C:** I don't have anything against my father.  
He was okay...

**E:** Tell me more about your family.

# ZAGADNIENIA AI

- Stworzenie maszyn o inteligencji co najmniej dorównującej ludzkiej.
- Stworzenie maszyn (algorytmów) przejawiających tylko wąski aspekt inteligencji (grających w szachy, rozpoznających obrazy czy tworzących streszczenia tekstu).

# NIEKTÓRE ZASTOSOWANIA

- **Technologie oparte na logice rozmytej** - powszechnie stosowane do np: sterowania przebiegiem procesów technologicznych w fabrykach w warunkach "braku wszystkich danych".
- **Systemy ekspertowe** - rozbudowane bazy danych z wszczepioną "sztuczną inteligencją" umożliwiającą zadawanie im pytań w języku naturalnym i uzyskiwanie w tym samym języku odpowiedzi. Systemy takie stosowane są już w farmacji i medycynie.
- **Rozpoznawanie mowy** - stosowane obecnie powszechnie na skalę komercyjną



# NIEKTÓRE ZASTOSOWANIA

- **Maszynowe tłumaczenie tekstów** - systemy takie są wciąż bardzo ułomne, jednak robią postępy i zaczynają się nadawać do tłumaczenia np. tekstów technicznych.
- **Sztuczne sieci neuronowe** - stosowane z powodzeniem w wielu zastosowaniach łącznie z programowaniem "inteligentnych przeciwników" w grach komputerowych.
- **Rozpoznawanie optyczne** - stosowane są już programy rozpoznające osoby na podstawie zdjęcia twarzy lub rozpoznające autoamtycznie zadane obiekty na zdjęciach satelitarnych.

# NIEKTÓRE ZASTOSOWANIA

- **Rozpoznawanie ręcznego pisma** - stosowane masowo np: do automatycznego sortowania listów, oraz w elektronicznych notatnikach.
- **Deep Blue** - program, który wygrał w szachy z Gary Kasparowem.
- **Sztuczna twórczość** - istnieją programy automatycznie generujące krótkie formy poetyckie, komponujące, aranżujące i interpretujące utwory muzyczne, które są w stanie zmylić nawet profesjonalnych artystów.

# HISTORIA

- **Era prehistoryczna:** do ok. 1960 (pojawienie się powszechnie dostępnych komputerów).
- **Era romantyczna:** 1960-1965 (przewidywano, że AI osiągnie swoje cele w ciągu 10 lat – spore początkowe sukcesy).
- **Okres ciemności:** 1965-1970 (niewiele nowego, spadek entuzjazmu i pojawienie się głosów krytycznych).

# HISTORIA

- **Renesans:** 1970-1975 (pierwsze użyteczne systemy doradcze)
- **Okres partnerstwa:** 1975-1980 (wprowadzenie do badań nad AI metod z nauk poznawczych, nauk o mózgu, itd).
- **Okres komercjalizacji:** 1980-1990 „inteligentny”  
– slogan reklamowy

# CZEGO NIE UDAŁO SIĘ DOTĄD OSIĄGNAĆ (mimo wielu wysiłków...):

- Programów skutecznie wygrywających w niektórych grach (go, brydż sportowy, polskie warcaby).
- Programu, który skutecznie by potrafił naśladować ludzką konwersację (obecnie najskuteczniejszym w teście Turinga jest cały czas rozwijany program-projekt ALICE).

# CZEGO NIE UDAŁO SIĘ DOTĄD OSIĄGNAĆ (mimo wielu wysiłków...):

- Programu, który potrafiłby skutecznie generować zysk, grając na giełdzie (nie da się nawet odpowiedzieć na pytanie, czy jest możliwe zarabianie na giełdzie).
- Programu skutecznie tłumaczącego teksty literackie i mowę.

# OPTYMALIZACJA:

„działanie, mające na celu zwiększenie efektywności aż do osiągnięcia pewnego optimum”.

- **CEL GŁÓWNY: ULEPSZENIE.**
- **CEL DRUGORZĘDNY:  
OSIĄGNIĘCIE OPTIMUM.**

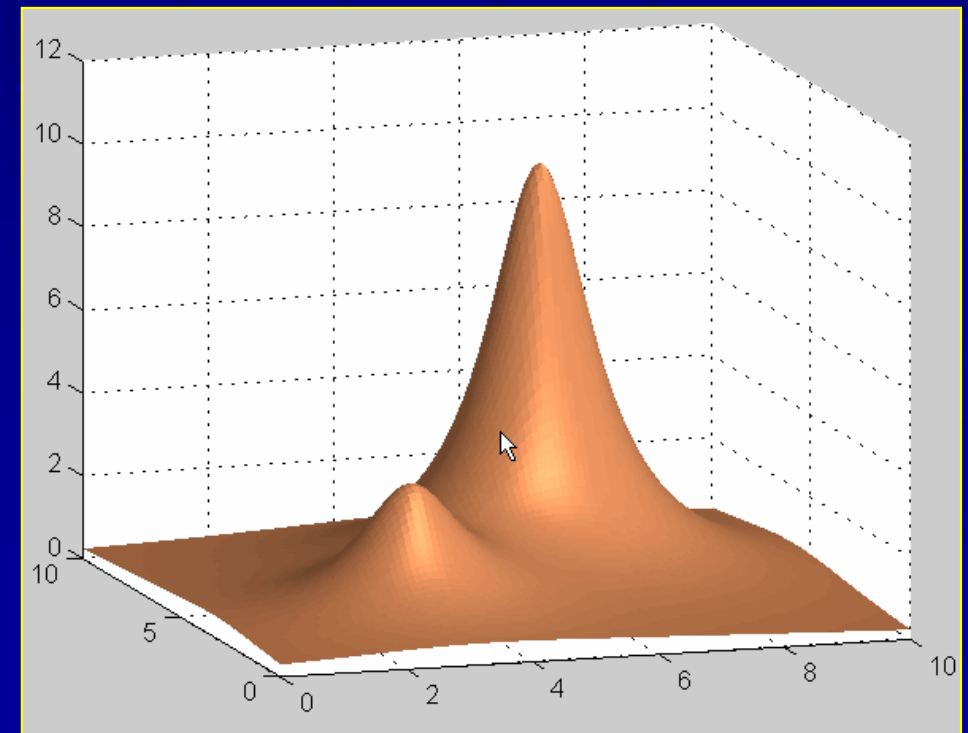
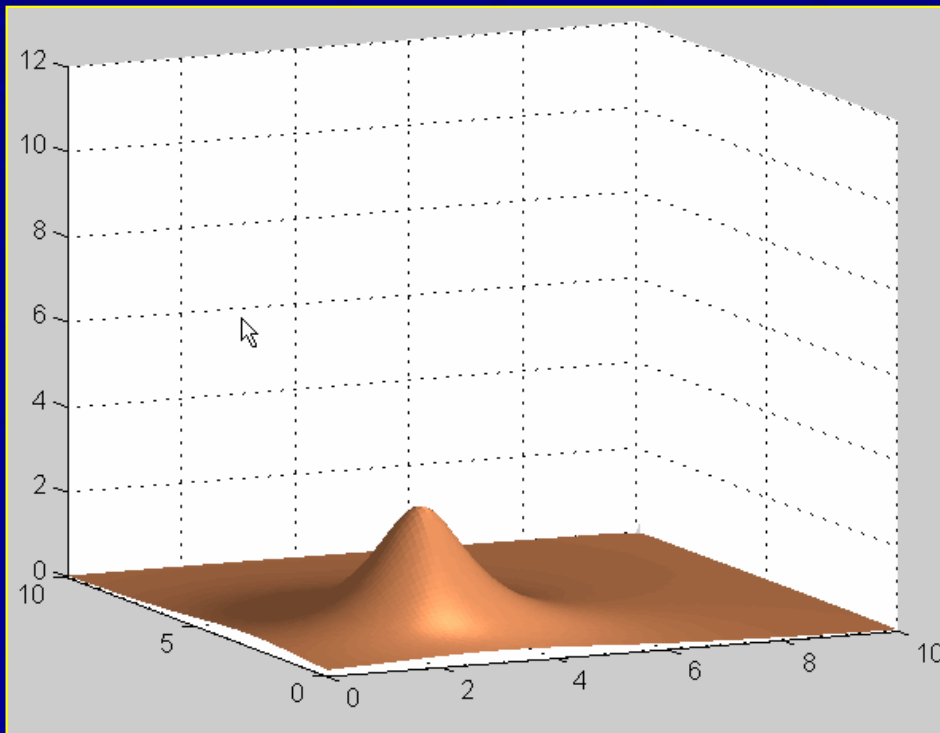
# METODY OPTYMALIZACJI

ANALITYCZNE

PRZEGLĄDOWE  
(enumeracyjne)

LOSOWE

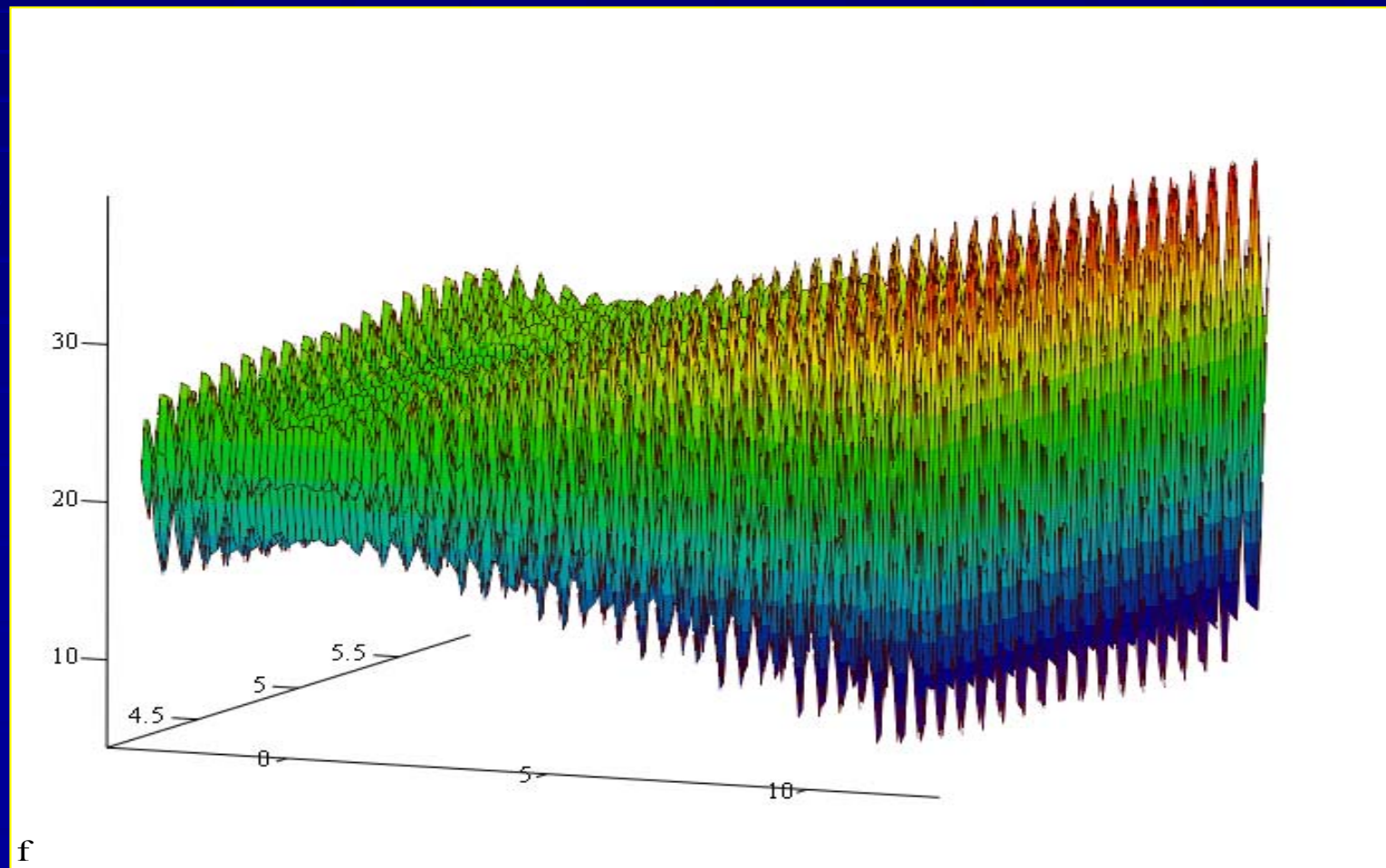
**GŁÓWNA WADA METOD ANALITYCZNYCH:  
MAŁA ODPORNOŚĆ.**



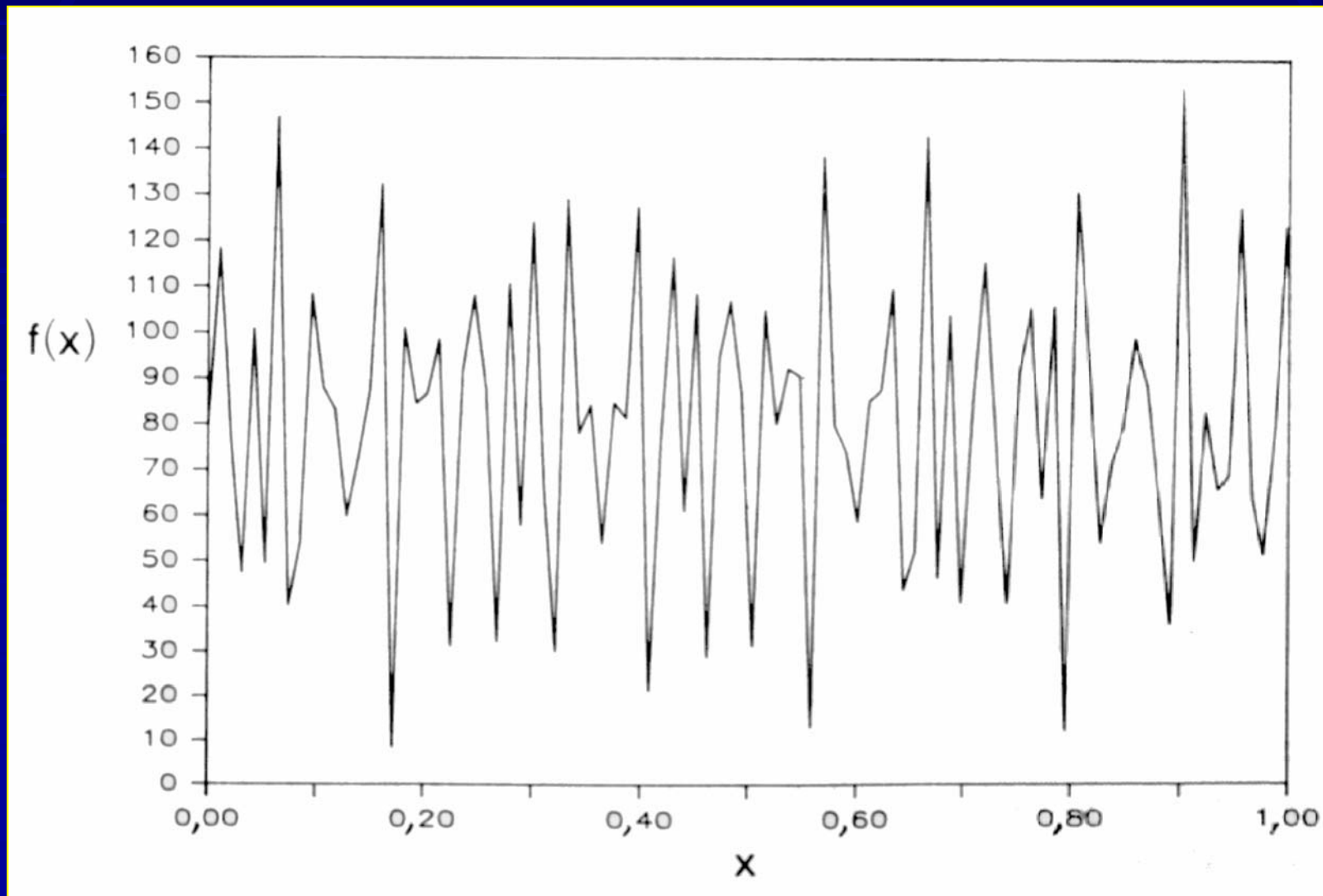


$$f(x_1, x_2) = 21.5 \cdot \sin(4\pi x_1) + x_2 \cdot \sin(20\pi x_2)$$

$$x_1 \in [-3.0, 12.1]; \quad x_2 \in [4.1, 5.8];$$



# Funkcja niemożliwa do optymalizacji metodami analitycznymi (Goldberg)



# METODY ENUMERACYJNE:

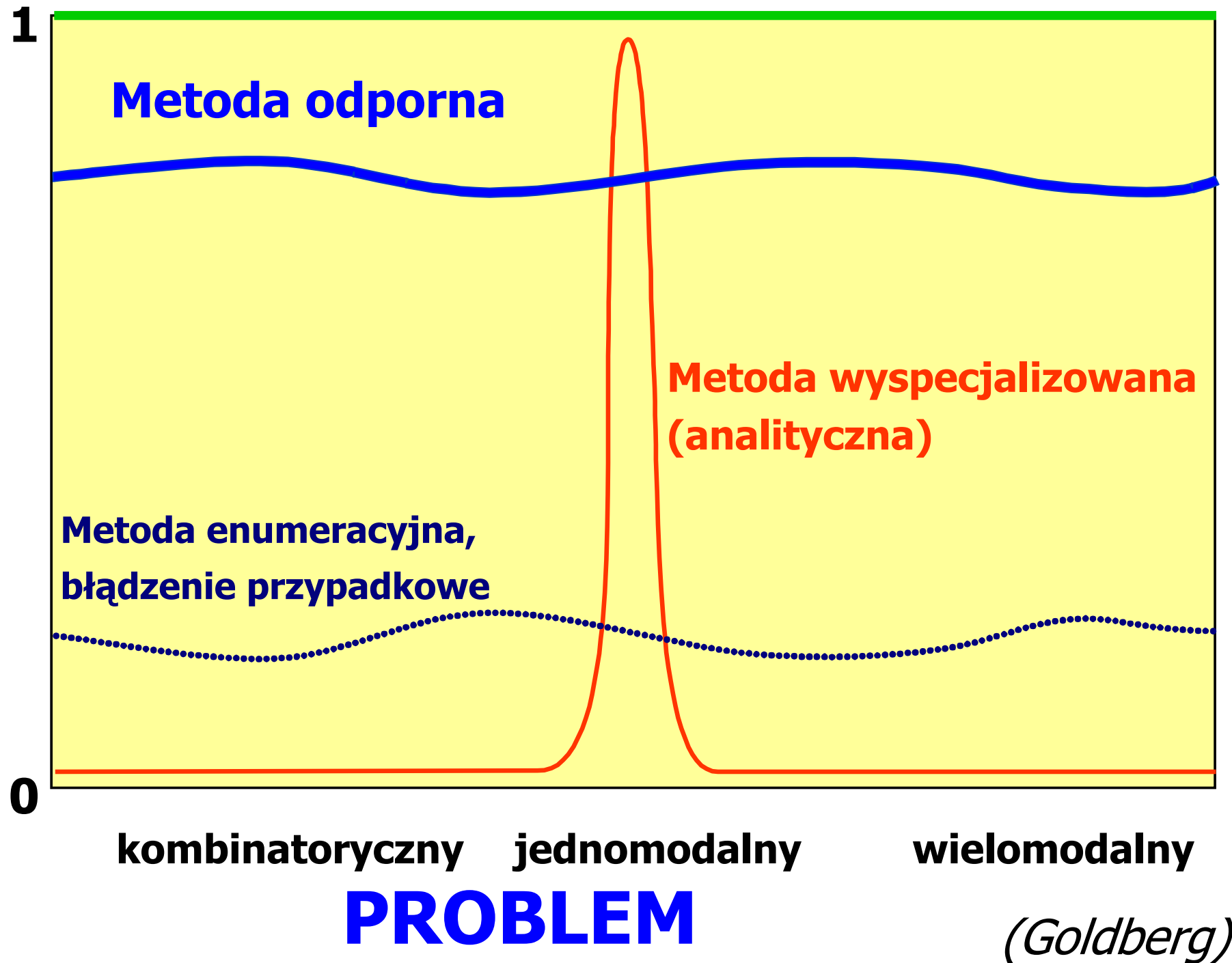
- Sprowadzają się do przeszukiwania wszystkich punktów przestrzeni w poszukiwaniu optimum.
- Algorytm niezwykle prosty lecz skuteczny jedynie w przypadku skończonych, małych przestrzeni.
- Zwykle sprawdzenie wszystkich możliwości jest niemożliwe w rozsądnym czasie (tzw. przekleństwo wymiaru).

# METODY LOSOWE:

- W swej najprostszej postaci: bada się losowo całą przestrzeń zadania nie korzystając z innych informacji.
- Poszukiwanie takie jest zwykle bardzo czasochłonne (zwykle jednak mniej niż metody enumeracyjne).

**Algorytmy genetyczne** i ewolucyjne również zawierają element losowości (**algorytm zrandomizowany**).

# EFEKTYWNOŚĆ



(Goldberg)

# ALGORYTMY GENETYCZNE – CO TO JEST?

- AG odwzorowują naturalne procesy ewolucji zachodzące w czasie, których celem jest maksymalne dopasowanie osobników do istniejących warunków życia.
- Rolę środowiska spełnia tu funkcja oceniająca (funkcja celu).

- **gen** – najmniejsza składowa chromosomu, decydująca o dziedziczności jednej lub kilku cech;
- **chromosom** – uporządkowany ciąg genów (ciąg kodowy). Zwykle utożsamiany z osobnikiem;
- **locus** – miejsce genu w chromosomie;
- **allele** – warianty (stany) jednego genu warunkujące daną cechę;
- **populacja** – pewna ilość osobników (chromosomów);

- **fenotyp** – ogół cech ujawniających się na zewnątrz (np. rozkodowana postać zmiennych projektowych);
- **genotyp** – ogół genów danego osobnika;
- **mutacja** – zmiana jednego lub kilku genów w chromosomie;
- **krzyżowanie** – operacja mająca na celu wymianę materiału genetycznego między osobnikami.



# AG MUSI MIEĆ OKREŚLONE (DLA KAŻDEGO ZADANIA):

1. Podstawową reprezentację zmiennych potencjalnego zadania;
2. Sposób tworzenia początkowej populacji potencjalnych rozwiązań;
3. Funkcję oceniającą rozwiązania;
4. Podstawowe operatory;
5. Wartości różnych parametrów (rozmiar populacji, prawdopodobieństwa użycia operatorów gen. itp.)

# METODY ANALITYCZNE vs AG

## METODY ANALITYCZNE

### ZALETY

### WADY

☺ **ŚCISŁE ROZWIĄZANIE**

☹ funkcja celu musi być ciągła

☺ **WYSOKA SZYBKOŚĆ  
DZIAŁANIA**

☹ hesjan funkcji celu musi być dodatnio określony

☹ istnieje duże ryzyko zbiegnięcia się algorytmu do optimum lokalnego

☹ obliczenia rozpoczynają się z jednego punktu ograniczając obszar poszukiwań optimum

☹ wybór punktu startowego wpływa na zbieżność metody

# METODY ANALITYCZNE vs AG

## ALGORYTMY GENETYCZNE

### ZALETY

### WADY

☺ JEDYNĄ INFORMACJĄ  
POTRZEBNĄ DO DZIA-  
ŁANIA JEST WARTOŚĆ  
FUNKCJI CELU

☹ stosunkowo wolne

☺ PRACA NA POPULACJI  
DOPUSZCZALNYCH  
ROZWIĄZAŃ

☹ trudności z precyzyjnym  
znalezieniem optimum

☺ PRZESZUKIWANIE  
WIELOKIERUNKOWE

**procedure algorytm\_genetyczny**

**begin**

$t:=0$

wybierz populację początkową  $P(t)$

ocień  $P(t)$

**while** (not warunek\_zakończenia) **do**

**begin**

$t:=t+1$

wybierz  $P(t)$  z  $P(t-1)$  (*selekcja*)

zmień  $P(t)$  (*działanie operatorów genetycznych*)

ocień  $P(t)$

**end**

**end**

**Przykład:** Znaleźć

$$\max \{f(x)=x^2\}$$

dla wartości całkowitych  $x$  z zakresu 0-31.

**Populacja w chwili  $t$ :**

$$P(t) = \{x^t_1, \dots, x^t_n\}$$

**Założenia:**

- łańcuchy 5-bitowe ( $x=0,1,\dots,31$ );
- liczebność populacji  $n=4$

# Ścisłe rozwiązanie:

$$x = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$x = 31;$$

$$x^2 = 961.$$

# Populacja początkowa (losowanie):

$$x^0_1 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$x^0_2 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$x^0_3 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

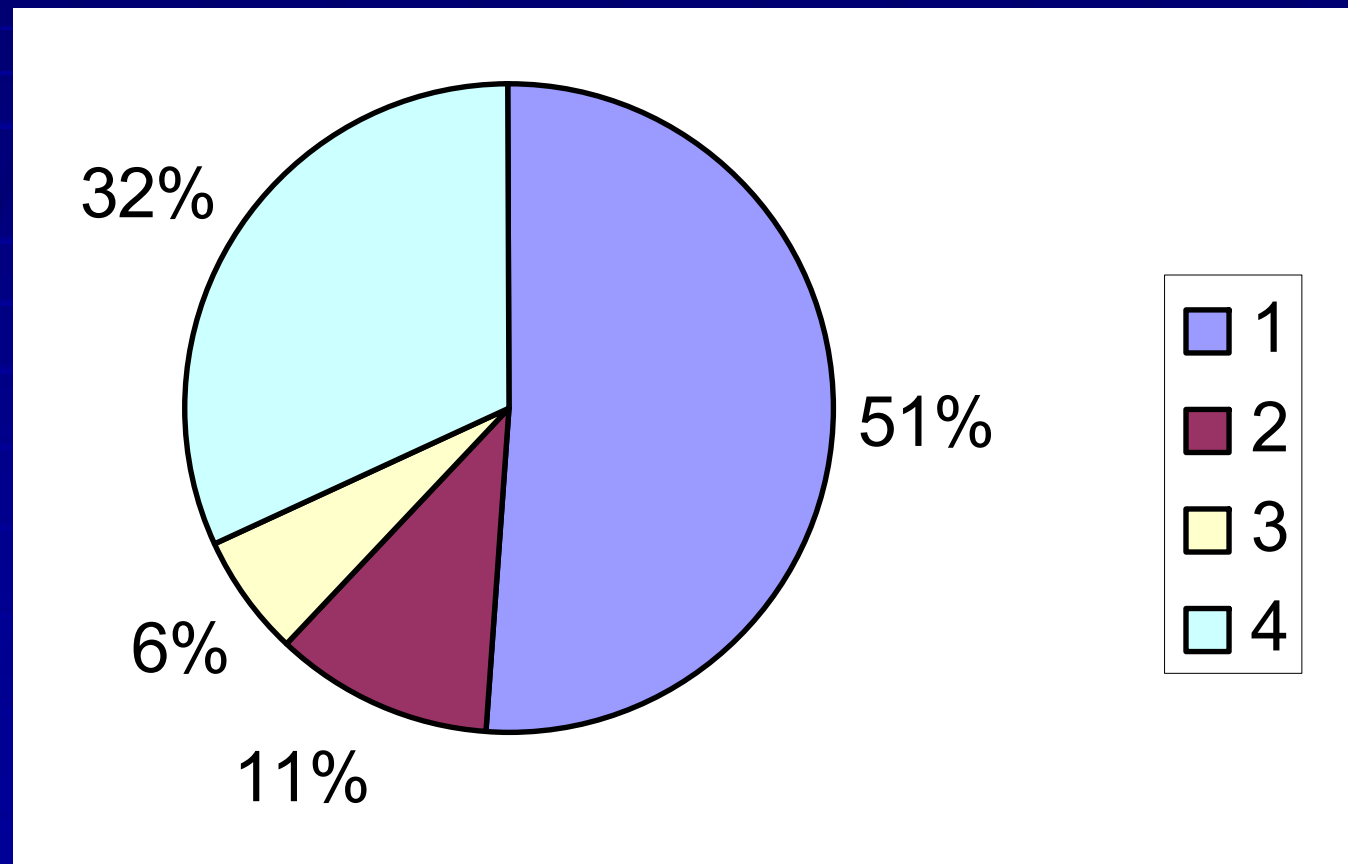
$$x^0_4 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

# Sytuacja początkowa:

Nr osobnika	Osobnik	Wartość $x$	Przystosowanie $f(x)=x^2$	Prawd. wylosowania osobnika $p_i = \frac{f_i}{\sum f_i}$	Oczekiwana liczba kopii $f_i / \bar{f}$
1	<b>11000</b>	24	<b>576</b>	0.51	2.05
2	<b>01011</b>	11	<b>121</b>	0.11	0.43
3	<b>01000</b>	8	<b>64</b>	0.06	0.23
4	<b>10011</b>	19	<b>361</b>	0.32	1.27
<i>Suma</i>			<i>1122</i>	<i>1.00</i>	<i>4.00</i>
<i>Średnia</i>			<i>281</i>	<i>0.25</i>	<i>1.00</i>
<i>Max</i>			<i>576</i>	<i>0.51</i>	<i>2.05</i>

# Selekcja:

Każdemu ciągowi kodowemu odpowiada sektor koła ruletki o polu proporcjonalnym do przystosowania



$\langle 0, 0.51) \Rightarrow \mathbf{1},$      $\langle 0.51, 0.62) \Rightarrow \mathbf{2}, \dots$



# Po selekcji:

Nr osobnika	Oczekiwana liczba kopii	Liczba wylosowanych kopii	Osobnik po selekcji	Wartość $x$	Przystosowanie $f(x)=x^2$	Prawd. wylosowania osobnika
1	2.05	<b>2</b>	<b>11000</b>	24	576	0.35
2	0.43	<b>1</b>	<b>01011</b>	11	121	0.07
3	0.23	<b>0</b>	<b>11000</b>	24	576	0.35
4	1.27	<b>1</b>	<b>10011</b>	19	361	0.23
				<i>Suma</i>	1634	1.0
				<i>Średnia</i>	409	0.25
				<i>Max</i>	576	0.35 (x2)

# Krzyżowanie:

$$p_c = 0.9$$

Nr osobnika	Osobnik po selekcji	Partner	Pozycja krzyżowania	Osobnik po krzyżowaniu	Wartość $x$	Przystosowanie $f(x)=x^2$	Prawd. wylosowania osobnika
1	1 1 0 0   0	2	4	1 1 0 0 1	25	625	0.36
2	0 1 0 1   1	1	4	0 1 0 1 0	10	100	0.06
3	1 1   0 0 0	4	2	1 1 0 1 1	27	729	0.43
4	1 0   0 1 1	3	2	1 0 0 0 0	16	256	0.15
<i>Suma</i>						1710	1.0
<i>Średnia</i>						428	0.25
<i>Max</i>						729	0.43

było: 576

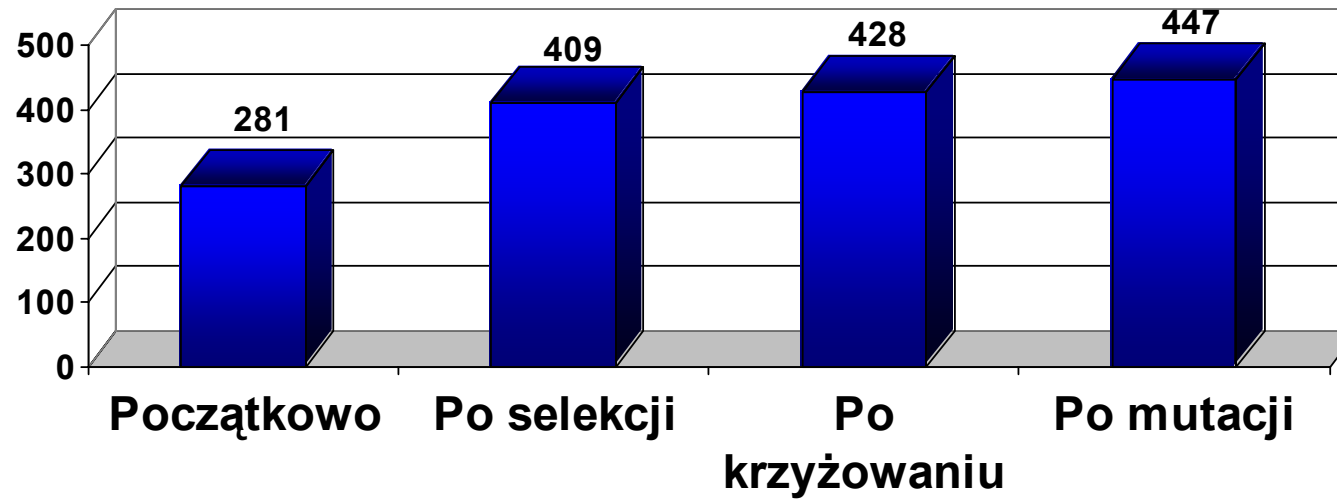
# Mutacja:

$$p_m = 0.05$$

Nr osobnika	Osobnik po krzyżowaniu		Mutacja ?	Osobnik po mutacji	Wartość $x$	Przystosowanie $f(x)=x^2$	Prawd. wylosowania osobnika
1	1 1 0 0 1		NNNNN	1 1 0 0 1	25	625	0.35
2	0 1 0 1 0		NNNNN	0 1 0 1 0	10	100	0.06
3	1 1 0 1 1		NNNNN	1 1 0 1 1	27	729	0.41
4	1 0 0 0 0		NNNTN	1 0 0 1 0	18	324	0.18
<i>Suma</i>						1778	1.0
<i>Średnia</i>						447	0.25
<i>Max</i>						729	0.41

*było: 729*

## ŚREDNIE DOPASOWANIE POPULACJI



## MAX WARTOŚĆ FUNKCJI

