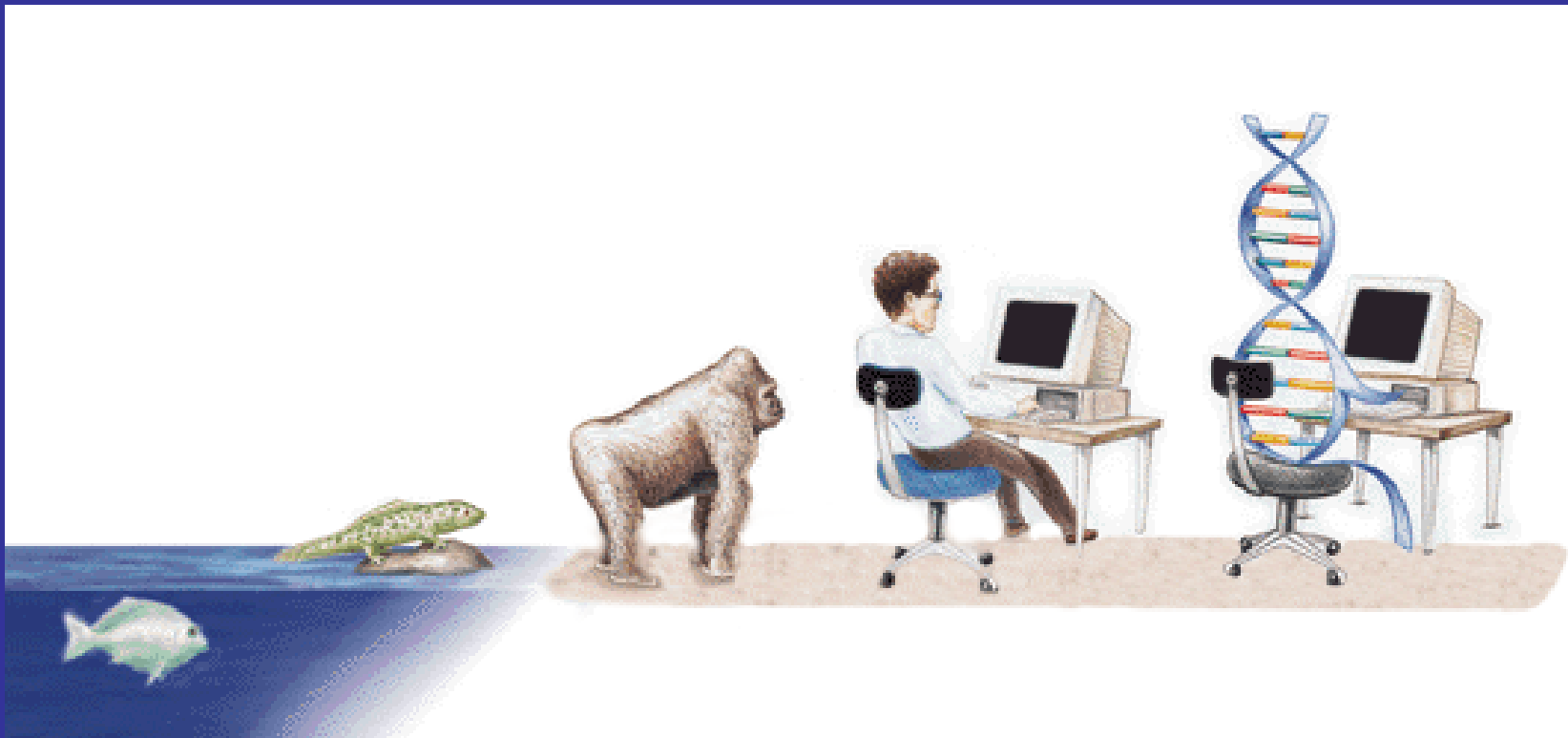
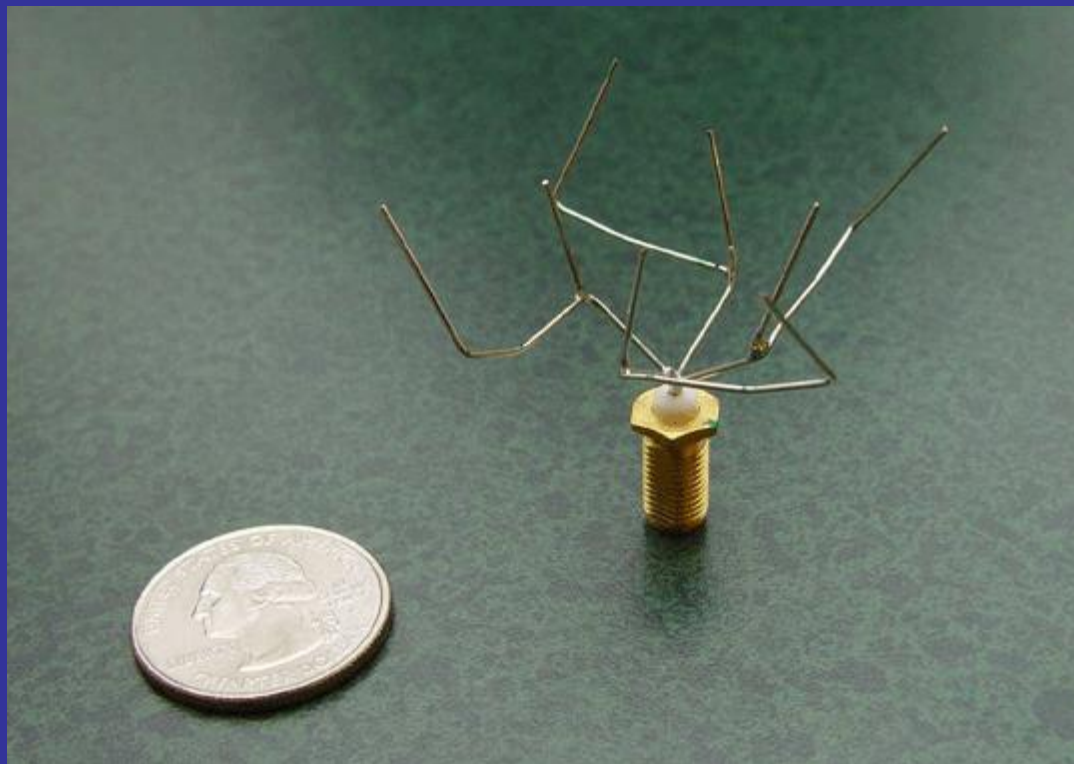


dr hab. inż. Jerzy Balicki, prof. nadzw.

**ALGORYTMY GENETYCZNE,
ALGORYTMY EWOLUCYJNE,
STRATEGIE EWOLUCYJNE I
PROGRAMOWANIE GENETYCZNE**



ANTENA NASA



TESTOWANA NA SATELITACH W 2004 r.

GP jako „wynalazca”



Algorytm genetyczny (GA)

GA to algorytm przeszukujący losowo za pomocą iteracyjnej transformacji populacji matematycznych obiektów (zazwyczaj liczb binarnych o stałej długości, a każdy obiekt ma wartość przystosowania) w nową populację potomnych obiektów, używając zasad selekcji naturalnej oraz operacji genetycznych takich, jak krzyżowanie i mutacja.

ALGORYTM GENETYCZNY

Generation 0

Individuals

011

001

110

010

Fitness

\$3

\$1

\$6

\$2

Generation 1

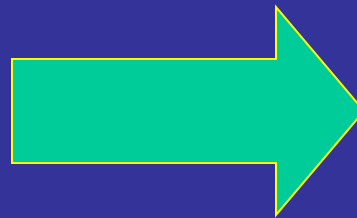
Offspring

111

010

110

010



PROBLEM HAMBURGERA

- **Cena**



1 = 2.50 PLN

0 = 10.00 PLN

- **Napój**

1 = Coca Cola

0 = wino

- **Obsługa**

1 = szybka i sprawna

0 = wolna i niesympatyczna

CHROMOSOM (GENOM)

globalnego optimum

McDONALD's

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|

Przestrzeń możliwych rozwiązań

| | |
|---|-----|
| 1 | 000 |
| 2 | 001 |
| 3 | 010 |
| 4 | 011 |
| 5 | 100 |
| 6 | 101 |
| 7 | 110 |
| 8 | 111 |

- Wielkość alfabetu $K=2$
- długość chromosomu $L=3$
- Liczebność przestrzeni przeszukiwań $K^L=2^L=2^3=8$

Możliwości w zakresie przeszukiwań GA

- problemy z 81-bitowymi chromosomami są rozwiązywalne
- jeśli $L = 81$, to $2^{81} \sim 10^{27}$ możliwych rozwiązań
- 10^{27} nanosekund od początku świata 15 miliardów lat temu

Adaptacyjny algorytm ewolucyjny

1. Wygenerowanie populacji początkowej

- $t := 0$ // numer populacji rozwiązań
- $T_{\max} := 200$ // max liczba populacji
- $L := 0.05 T_{\max}$ // (parzysta) liczebność populacji
- $p_m := 1/M$ // tempo mutacji
- losowe wygenerowanie chromosomów populacji początkowej $P(t)$
- wyznaczenie sprawności $f(x), x \in P(t)$



BEGIN

1. Generowanie populacji początkowej rozwiązań

2. *finish*:=FALSE

3. WHILE NOT *finish* DO

4. BEGIN /* generowanie następnej populacji */

5. $t := t + 1$,

6. Obliczenie prawdopodobieństw selekcji $p_s(x), x \in P(t-1)$

7. FOR $L/2$ DO

8. BEGIN /* cykl podstawowy */

- *selekcja turniejowa*– selekcja pary rozwiązań (a, b) z $P(t-1)$
- *krzyżowanie* pary przodków (a, b) w tempie $p_c = e^{-t/T_{\max}}$
lub *skopiowanie* (a, b) do $P(t)$, jeśli para (a, b) nie została wylosowana do krzyżowania
- *mutacja* pary (a, b) na (a', b') w tempie p_m
- $P(t) := P(t) \cup \{a', b'\}$

END

9. Obliczenie przystosowania dla każdego rozwiązania $f(x), x \in P(t)$

10. IF ($P(t)$ jest zbieżna OR $t \geq T_{\max}$) THEN *finish*:=TRUE

END

END

GENERACJA 0

funkcja przystosowania f

| | Generacja 0 | | |
|---------|-------------|---|--|
| 1 | 011 | 3 | |
| 2 | 001 | 1 | |
| 3 | 110 | 6 | |
| 4 | 010 | 2 | |
| Total | | | |
| Worst | | | |
| Average | | | |
| Best | | | |

SELEKCJA PROBABILISTYCZNA BAZUJĄCA NA PRZYSTOSOWANIU

- **Lepsze rozwiązania są preferowane**
- **Najlepszy nie zawsze jest losowany**
- **Najgorszy niekoniecznie jest pomijany**
- **Nic nie jest gwarantowane**



Selekcja probabilistyczna

prawdopodobieństwo selekcji $p_s(x), x \in P(t-1)$

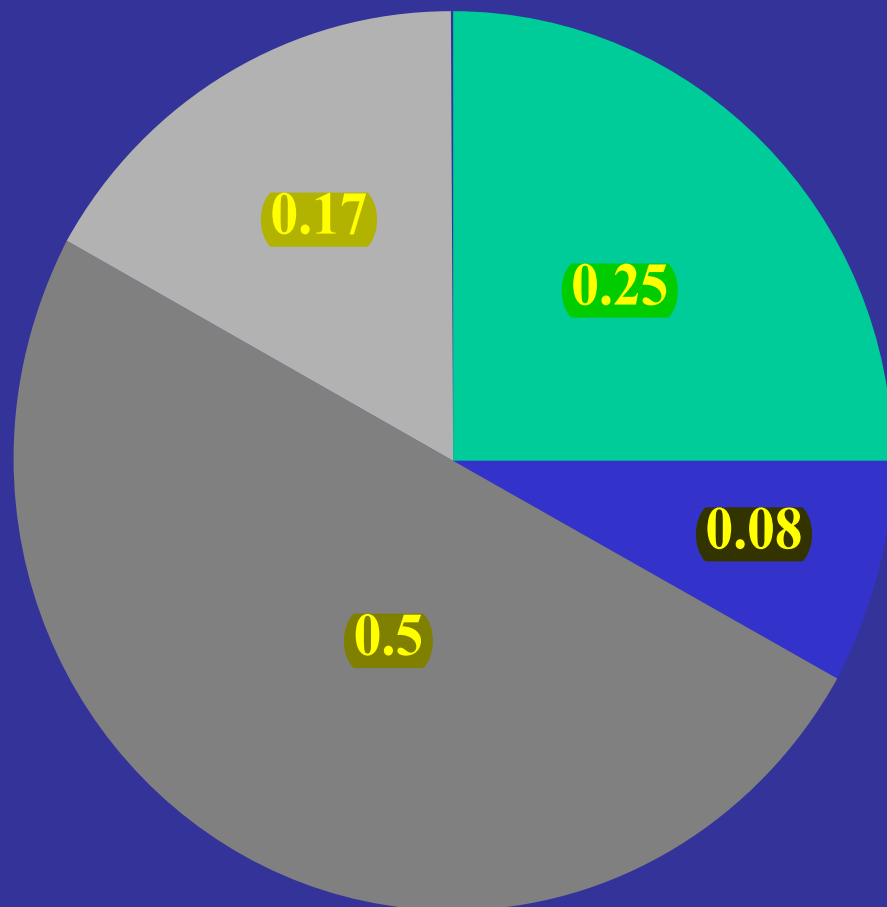
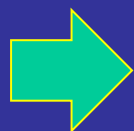
| | Generacja 0 | | | Po losowaniu | |
|---------|-------------|------|-----|--------------|-----|
| 1 | 011 | 3 | .25 | 011 | 3 |
| 2 | 001 | 1 | .08 | 110 | 6 |
| 3 | 110 | 6 | .50 | 110 | 6 |
| 4 | 010 | 2 | .17 | 010 | 2 |
| Total | | 12 | | | 17 |
| Worst | | 1 | | | 2 |
| Average | | 3.00 | | | 4.5 |
| Best | | 6 | | | 6 |

SELEKCJA PROBABILISTYCZNA BAZUJĄCA NA PRZYSTOSOWANIU

$$f(x), x \in P(t)$$



$$p_s(x), x \in P(t)$$



MUTACJA

- Wylosowany przodek

| Parent |
|--------|
| 0 1 0 |

- Wylosowany punkt mutacji z p_m

| Parent |
|--------|
| - - 0 |

- Potomek

| Offspring |
|-----------|
| 0 1 1 |

Po mutacji

| | Generation 0 | | | Mating pool | | Generation 1 | | |
|---------|--------------|------|-----|-------------|-----|--------------|-----|---|
| 1 | 011 | 3 | .25 | 011 | 3 | | | |
| 2 | 001 | 1 | .08 | 110 | 6 | | | |
| 3 | 110 | 6 | .50 | 110 | 6 | | | |
| 4 | 010 | 2 | .17 | 010 | 2 | --- | 011 | 3 |
| Total | | 12 | | | 17 | | | |
| Worst | | 1 | | | 2 | | | |
| Average | | 3.00 | | | 4.5 | | | |
| Best | | 6 | | | 6 | | | |

Krzyżowanie

- Para wylosowanych przodków

| Parent 1 | Parent 2 |
|----------|----------|
| 011 | 110 |

CROSSOVER

- Wylosowanie punktu krzyżowania

| Fragment 1 | Fragment 2 |
|------------|------------|
| 01 - | 11 - |

- Dwa pozostałe segmenty

| Remainder 1 | Remainder 2 |
|-------------|-------------|
| - - 1 | - - 0 |

- Para potomków

| Offspring 1 | Offspring 2 |
|-------------|-------------|
| 111 | 010 |

Po krzyżowaniu

| | Generation 0 | | | Mating pool | | Generation 1 | | |
|---------|--------------|------|-----|-------------|-----|--------------|-----|---|
| 1 | 011 | 3 | .25 | 011 | 3 | 2 | 111 | 7 |
| 2 | 001 | 1 | .08 | 110 | 6 | 2 | 010 | 2 |
| 3 | 110 | 6 | .50 | 110 | 6 | | | |
| 4 | 010 | 2 | .17 | 010 | 2 | | | |
| Total | | 12 | | | 17 | | | |
| Worst | | 1 | | | 2 | | | |
| Average | | 3.00 | | | 4.5 | | | |
| Best | | 6 | | | 6 | | | |

Kopiowanie (klonowanie) do P(t)

| | Generation 0 | | | Mating pool | | Generation 1 | | |
|---------|--------------|------|-----|-------------|-----|--------------|-----|---|
| 1 | 011 | 3 | .25 | | | | | |
| 2 | 001 | 1 | .08 | | | | | |
| 3 | 110 | 6 | .50 | 110 | 6 | --- | 110 | 6 |
| 4 | 010 | 2 | .17 | | | | | |
| Total | | 12 | | | 17 | | | |
| Worst | | 1 | | | 2 | | | |
| Average | | 3.00 | | | 4.5 | | | |
| Best | | 6 | | | 6 | | | |

Populacja 1

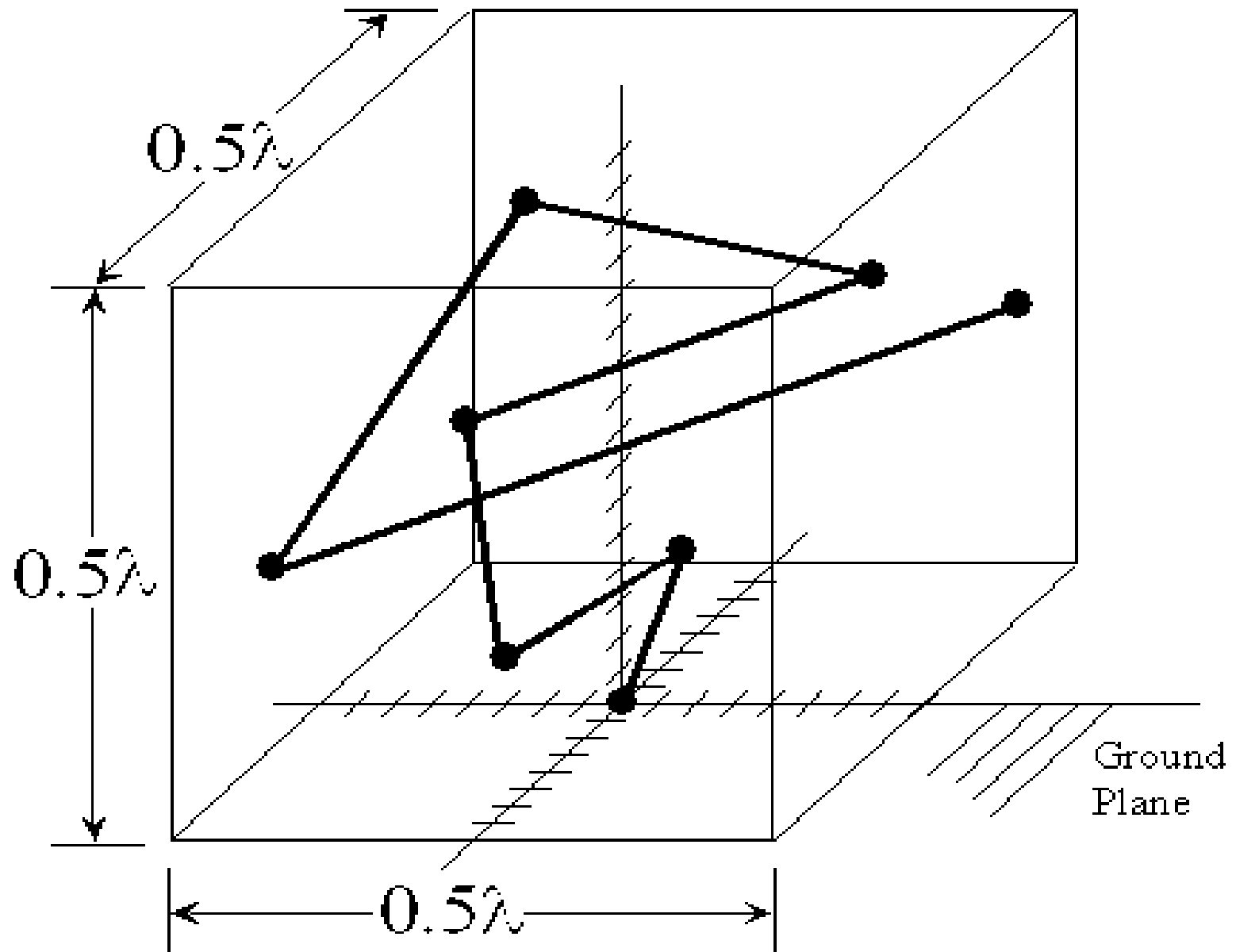
| | Generation 0 | | | Mating pool | | Generation 1 | | |
|---------|--------------|------|-----|-------------|-----|--------------|-----|-----|
| 1 | 011 | 3 | .25 | 011 | 3 | 2 | 111 | 7 |
| 2 | 001 | 1 | .08 | 110 | 6 | 2 | 010 | 2 |
| 3 | 110 | 6 | .50 | 110 | 6 | --- | 110 | 6 |
| 4 | 010 | 2 | .17 | 010 | 2 | --- | 011 | 3 |
| Total | | 12 | | | 17 | | | 18 |
| Worst | | 1 | | | 2 | | | 2 |
| Average | | 3.00 | | | 4.5 | | | 4.5 |
| Best | | 6 | | | 6 | | | 7 |

LOSOWOŚĆ



- **Populacja początkowa**
- **Selekcja**
 - **Najlepszy nie zawsze jest wybierany**
 - **Najgorszy może być wybrany**
- **Losowy wybór punktu krzyżowania i mutacji**
- **Czasami algorytm losowy do wyznaczania przystosowania**

Projekt anteny



Projektowanie anteny

- Problem (Altshuler and Linden 1998) polega na wyznaczeniu współrzędnych siedmiu punktów $(X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, \dots, X7, Y7, Z7)$ określających kształt anteny tak, aby spełnić pewne ograniczenia
- Punkt początkowy $(0, 0, 0)$ jest środkiem dolnej płaszczyzny
- Antena musi być wpisana w sześcian 0.5λ

GENOM

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| X_1 | Y_1 | Z_1 | X_2 | Y_2 | Z_2 | ... |
| +0010 | -1110 | +0001 | +0011 | -1011 | +0011 | ... |

- 105-bitowy chromosom (genom)
- Współrzędna na 5 bitach (4-bity na liczbę oraz bit na znak)
- Długość rozwiązania $3 \times 7 \times 5 = 105$ bitów

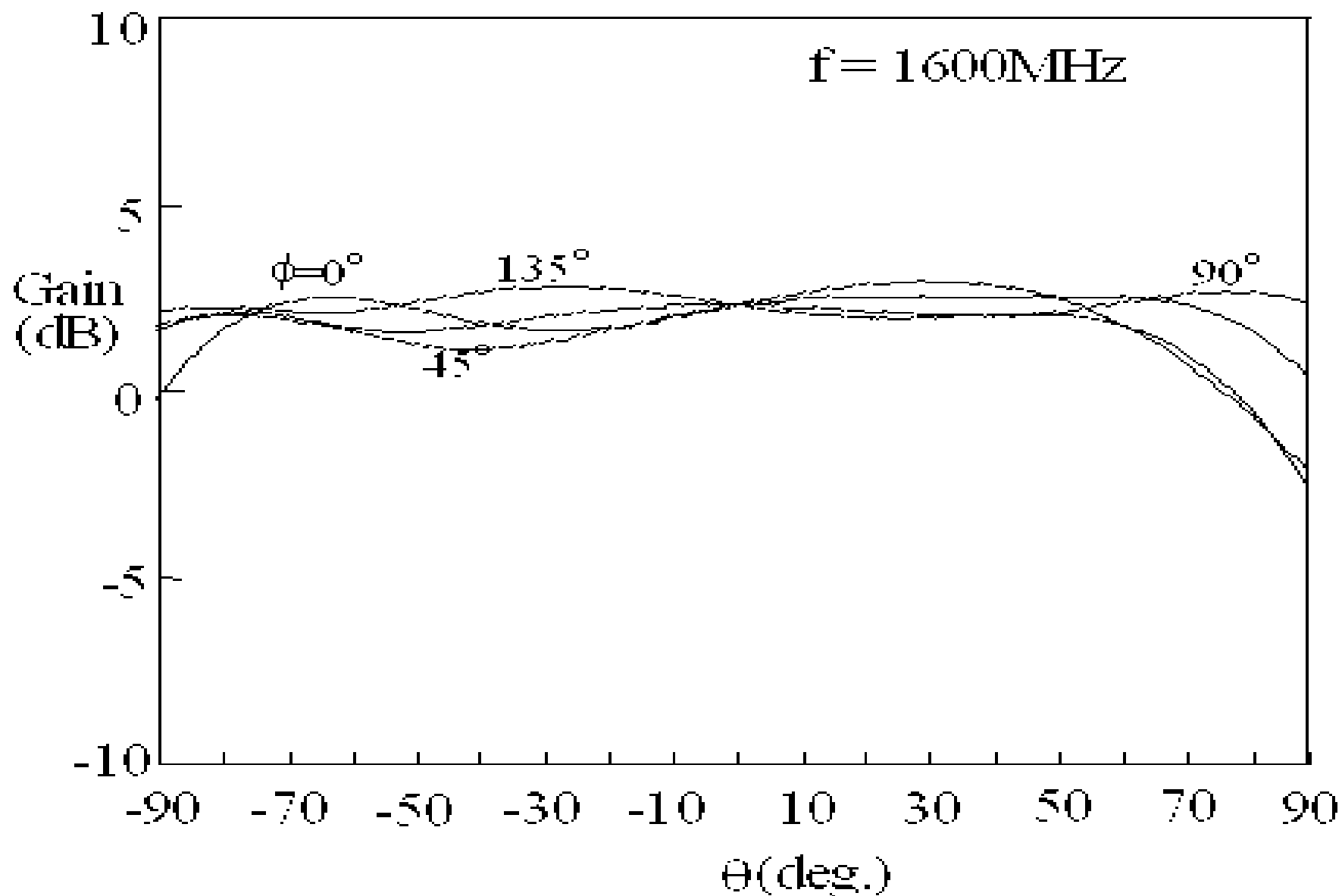
PRZYSTOSOWANIE

- Antena jest przeznaczona do komunikacji satelita- ziemia (samochód lub urządzenie przenośne)
- Prawie jednolite wzmocnienie sygnału przy azymucie 10° ponad horyzont
- Sprawność zależy od wzoru promieniowania anteny, który jest symulowany za pomocą National Electromagnetics Code (NEC)

PRZYSTOSOWANIE

- Jest sumą kwadratu różnicy między średnim wzmocnieniem a wzmocnieniem anteny dla kątów Θ od -90° do $+90^\circ$ oraz azymutów Φ od 0° do 180°
- Im mniejsza wartość, tym lepiej

GRAF PRZYSTOSOWANIA



U. S. PATENT

