

# *Metoda ewolucyjnego doboru współczynników funkcji oceniającej w antywarcabach*

Promotor: dr hab. Jacek Mańdziuk

Autor: Jarosław Budzianowski

## Plan prezentacji

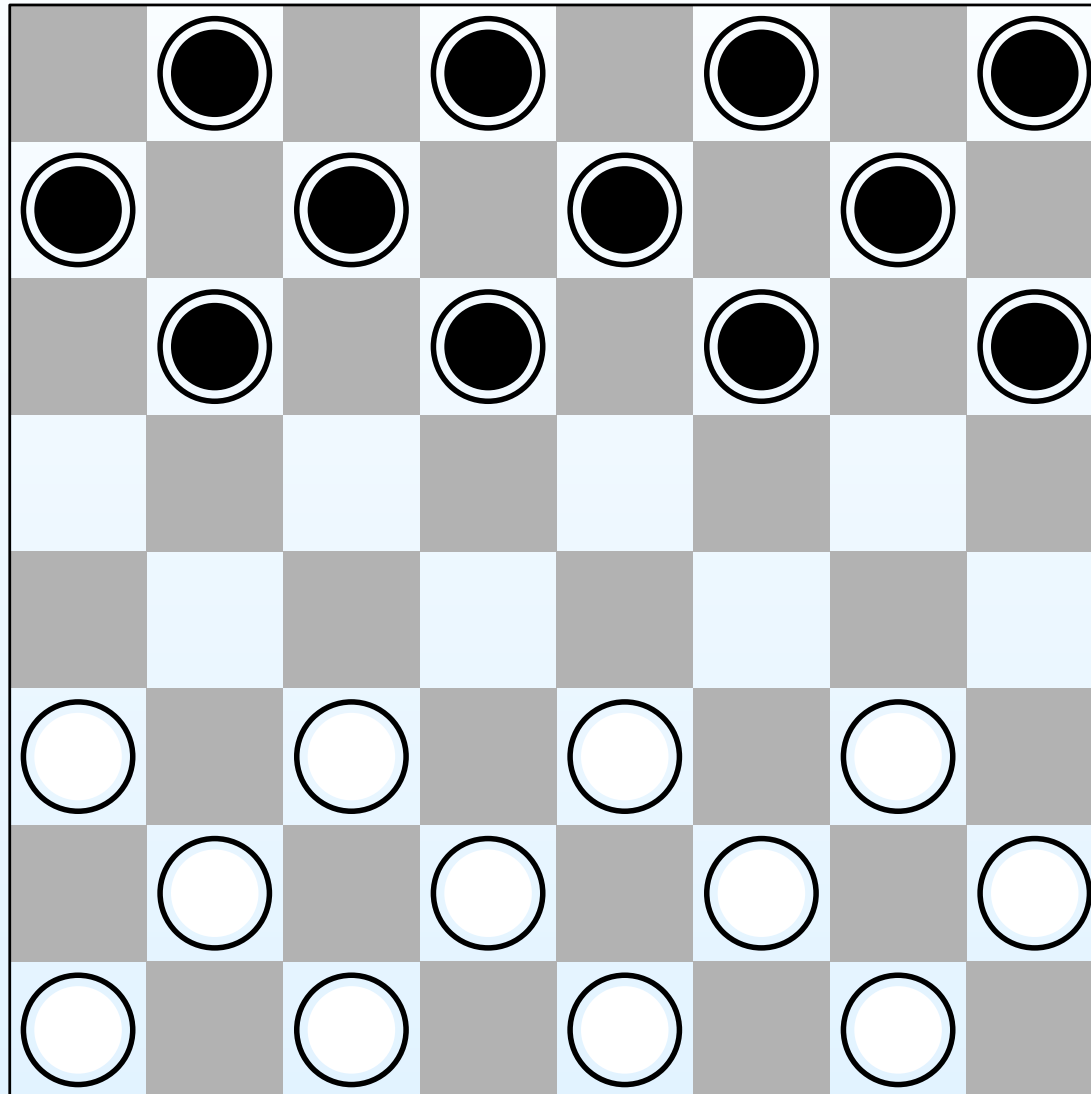
- Kontekst - praca magisterska
- Doświadczenie Chellapilli i Fogla
- Zastosowanie
- Wyniki

# Kontekst - praca magisterska

---

- **Kontekst - praca magisterska**
  - Antywarcaby
  - Dwie funkcje oceniające
  - Algorytm genetyczny
  - Drzewo gry
- Doświadczenie Chellapilli i Fogla
- Zastosowanie
- Wyniki

# Antywarcaby



# Antywarcaby

- Szachownica 8x8
- Reguły amerykańskie:
  - pionki tylko do przodu
  - ruch damek we wszystkie strony, ale tylko o jedno pole
  - obowiązuje nakaz bicia
- Zwycięstwo - niemożność wykonania ruchu
  - oddanie wszystkich kamieni
  - wszystkie kamienie zablokowane

## Dwie funkcje oceniające

---

- Funkcje heurystyczne
  - Arthur L. Samuel
  - 22 wagi
- Sieć neuronowa
  - Chellapilla, Fogel
  - Ponad 5000 wag...

## Drzewo gry

- Zwykły mini-max
- Głębokość przeszukiwania: 4
  - Pogłębianie

## Algorytm genetyczny

- Wektory wag poszukiwane w procesie genetycznym
- Operatory i parametry wzorowane na Chellapilli i Foglu
- Problem: brak obiektywnej oceny



# Doświadczenie Chellapilli i Fogla

---

- Kontekst - praca magisterska
- Doświadczenie Chellapilli i Fogla
  - Idea
  - Sieć neuronowa
  - Algorytm genetyczny
- Zastosowanie
- Wyniki

## Idea

---

- Autorzy: Kumar Chellapilla, David B. Fogel
- Sieć neuronowa + algorytm genetyczny
- Całkowity brak wiedzy eksperckiej

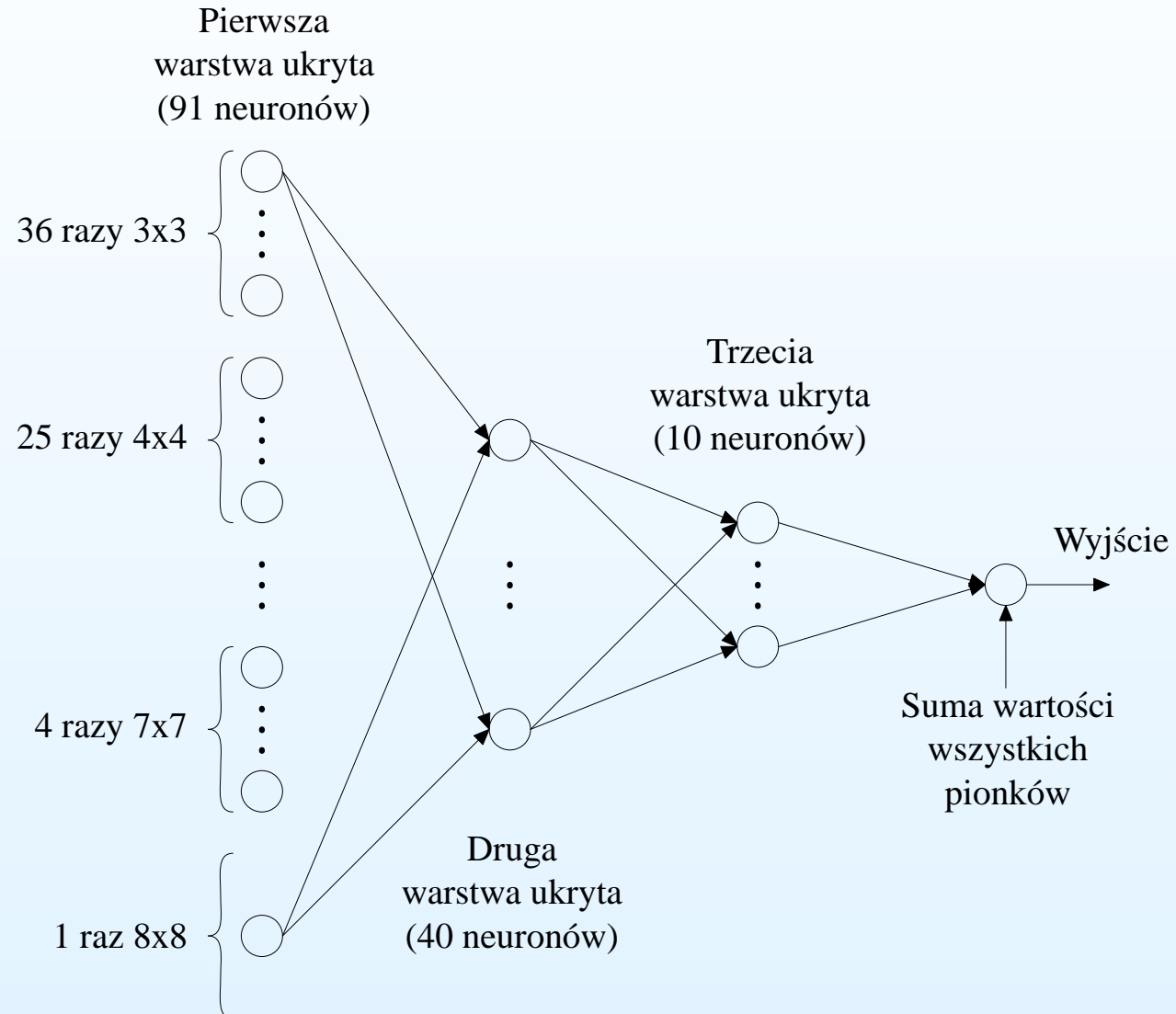
## Idea

- Autorzy: Kumar Chellapilla, David B. Fogel
- Sieć neuronowa + algorytm genetyczny
- Całkowity brak wiedzy eksperckiej
- Seria artykułów
  - Chellapilla K and Fogel DB (1999) "Evolving Neural Networks to Play Checkers without Expert Knowledge," IEEE Trans. Neural Networks, Vol. 10:6, pp. 1382-1391.
  - Chellapilla K and Fogel DB (2000) "Anaconda beats Hoyle 6-0: A Case Study Competing an Evolved Checkers Playing Program Against Commercially Available Software," Proc. 2000 Congress on Evolutionary Computation, IEEE, San Diego, CA, pp. 857-863.
  - ...

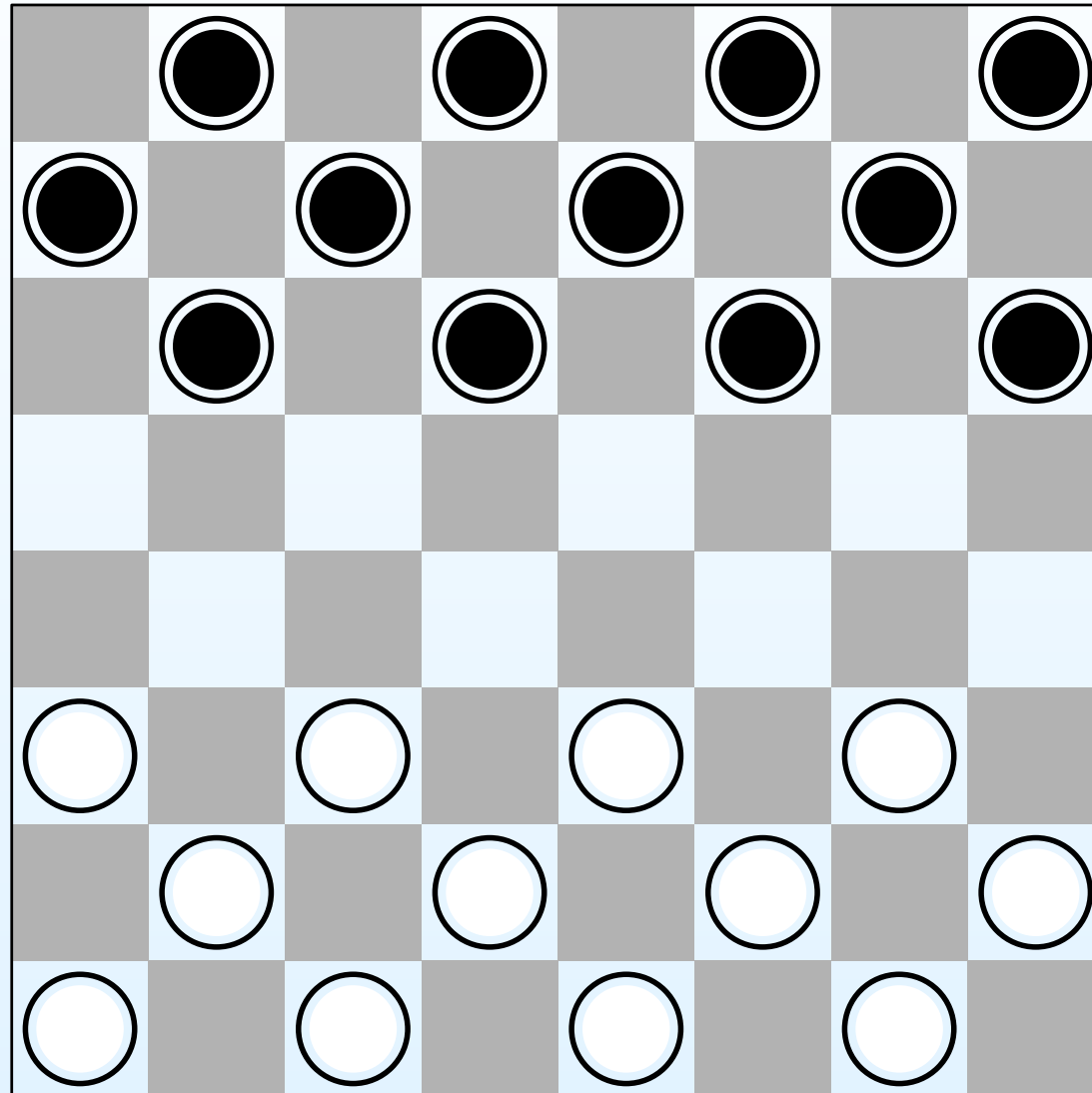
## Idea

- Autorzy: Kumar Chellapilla, David B. Fogel
- Sieć neuronowa + algorytm genetyczny
- Całkowity brak wiedzy eksperckiej
- Seria artykułów
  - ...
  - Chellapilla K and Fogel DB (2001) "Evolving a Neural Network to Play Checkers without Human Expertise," Computational Intelligence in Games, N. Baba and L.C. Jain (eds.), Springer, Verlag, pp. 39-56.
  - Fogel DB and Chellapilla K (2002) "Verifying Anaconda's Expert Rating by Competing Against Chinook: Experiments in Co-Evolving a Neural Checkers Player," Neurocomputing, Vol. 42, pp. 69-86.

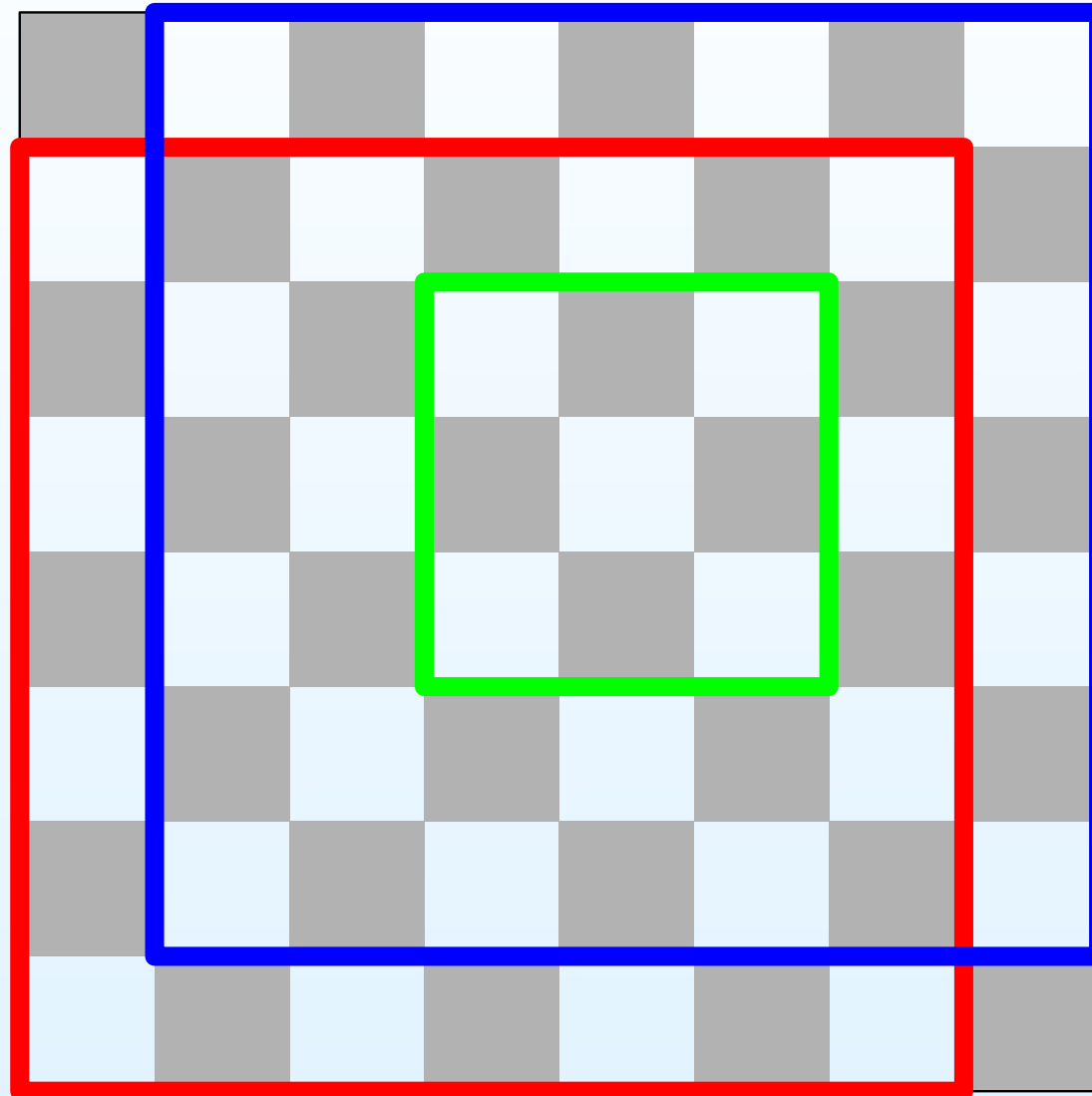
# Sieć neuronowa | Struktura



# Sieć neuronowa | Wejścia



# Sieć neuronowa | Wejścia



## Sieć neuronowa

---

- 5046 wag
- Wartości pól:  $\{-K, -1, 0, 1, +K\}$
- Funkcja aktywacji: tangens hiperboliczny (ograniczony przez  $\pm 1$ )
- Trzy warstwy ukryte: 91 + 40 + 10 neuronów
- Dodatkowe wejście do neuronu wyjściowego stanowi suma wartości materiału
- Szkolenie sieci z użyciem algorytmu genetycznego!



# Algorytm genetyczny

- Postać chromosomu:

$$(\vec{x}, \vec{\sigma}) = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline x(1) & x(2) & \dots & x(N_w) \\ \hline \sigma(1) & \sigma(2) & \dots & \sigma(N_w) \\ \hline \end{array}$$

- Mutacja:

$$\sigma'_i(j) = \sigma_i(j) \exp(\tau N_j(0, 1)), \text{ dla } j = 1, \dots, N_w$$

$$x'_i(j) = x_i(j) + \sigma'_i(j) N_j(0, 1), \text{ dla } j = 1, \dots, N_w$$

$$\tau = \left( \sqrt{2\sqrt{N_w}} \right)^{-1}$$

- Wartość damki:

$$K'_i = K_i + \sigma, \text{ gdzie } \sigma \in \{-0.1, 0.0, +0.1\}$$

$K'_i$  została ograniczona do  $\langle 1.0, 3.0 \rangle$

## Algorytm genetyczny | Schemat algorytmu

---

1. Utwórz początkową populację  $S$  ( $n$  osobników)
2. Utwórz  $n$  osobników stosując operator mutacji na osobnikach z  $S$
3. Znajdź wartość damki  $K$  dla nowych osobników
4. Rozegraj wewnętrzny turniej z udziałem wszystkich  $2n$  osobników
5.  $S = n$  najlepszych osobników (na podstawie turnieju)
6. Idź do 2.

## Algorytm genetyczny | Turniej

---

- $2n$  uczestników (osobników)
- Zwycięstwo = 1 punkt, Remis = 0 punktów, Porażka = -2 punkty
- Każdy uczestnik rozgrywa  $k$  pojedynków białymi z losowym przeciwnikiem
- W sumie  $2nk$  pojedynków
- Średnio każdy uczestnik rozgrywa  $2k$  pojedynków
- Wartości proponowane przez Fogla i Chellapillę:  $n = 15$ ,  
 $k = 5$

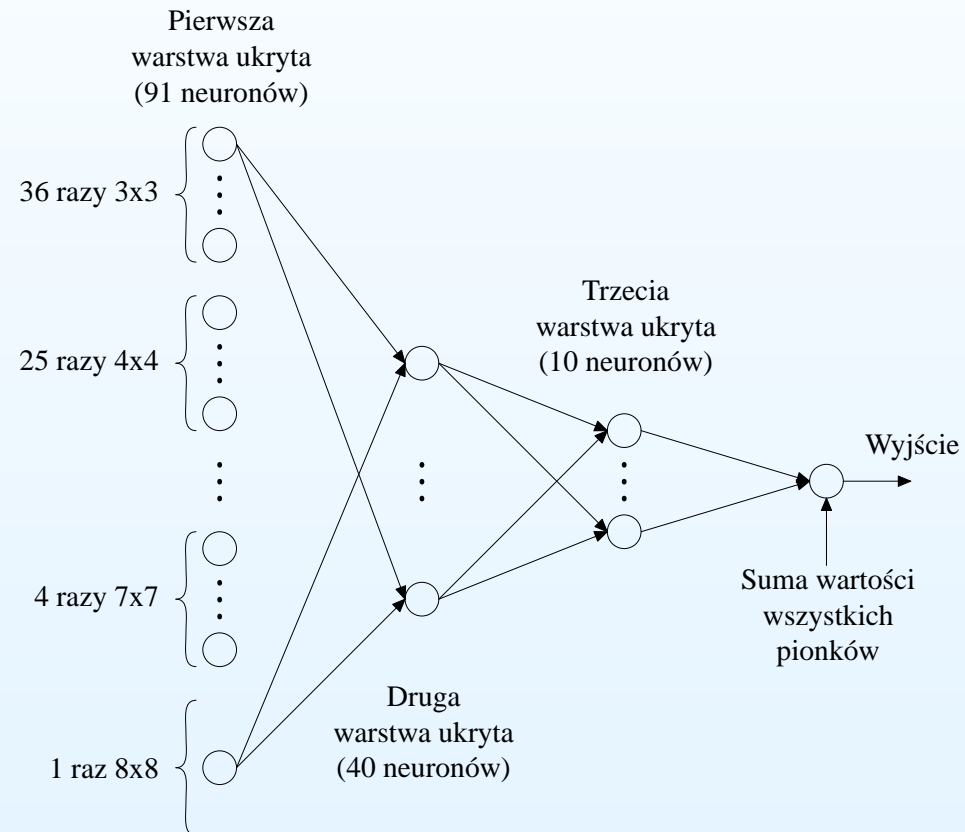
# Zastosowanie

---

- Kontekst - praca magisterska
- Doświadczenie Chellapilli i Fogla
- **Zastosowanie**
  - Sieć neuronowa
  - Algorytm genetyczny
  - Poszukiwania parametrów
- Wyniki

# Sieć neuronowa

- Niemal bez zmian: dodanie jednej wagi



# Algorytm genetyczny

gracz nieaktywny

	0		1		2		3
4		5		6		7	
	8		9		10		11
12		13		14		15	
	16		17		18		19
20		21		22		23	
	24		25		26		27
28		29		30		31	

gracz aktywny

## Algorytm genetyczny

- Poszukiwanie wartości damki analogicznie do wektora wag
- Całkowity brak ograniczeń na wartości wag
- Modyfikacja operatora mutacji w celu umożliwienia osiągnięcia wartości ujemnych
- Dodanie operatora rekombinacji:

$$(\vec{x}_a, \vec{\sigma}_a) + (\vec{x}_b, \vec{\sigma}_b), \text{ gdzie } a \neq b$$

$$(\vec{x}_i, \vec{\sigma}_i)'(j) = \begin{cases} (\vec{x}_a, \vec{\sigma}_a)(j) & \text{jeśli } rand_j \text{ parzysta,} \\ (\vec{x}_b, \vec{\sigma}_b)(j) & \text{w p.p.} \end{cases}$$

## Algorytm genetyczny | Schemat

---

1. Utwórz początkową populację  $S$  ( $n$  osobników)
2. Utwórz  $n$  osobników stosując operator mutacji na osobnikach z  $S$
3. Utwórz  $n$  osobników stosując operator rekombinacji na osobnikach z  $S$
4. Rozegraj wewnętrzny turniej z udziałem **wszystkich  $3n$  osobników**
5.  $S = n$  najlepszych osobników (na podstawie turnieju)
6. Idź do 2.



## Algorytm genetyczny | Turniej

---

- $3n$  uczestników (osobników)
- Zwycięstwo = 3 punkty, Remis = 1 punkt, Porażka = 0 punktów
- Każdy uczestnik rozgrywa  $k$  pojedynków białymi z losowym przeciwnikiem
- W sumie  $3nk$  pojedynków
- Średnio każdy uczestnik rozgrywa  $2k$  pojedynków

## Poszukiwania parametrów | Wersja pierwotna

---

- Funkcja oceniająca Samuela
- Amerykańskie reguły gry
- Punktacja: Zwycięstwo = 3, Remis = 1, Porażka = 0
- Liczba uczestników: 3 razy 15
- Liczba pojedynków każdego uczestnika jako rozpoczynający: 5

## Poszukiwania parametrów | Wersja pierwotna

	1. miejsce	2. miejsce	3. miejsce	4. miejsce	5. miejsce
100	10 (33)	30 (28)	37 (18)	20 (39)	60 (33)
200	140 (38)	110 (43)	158 (22)	119 (44)	179 (23)
300	249 (21)	290 (41)	249 (44)	290 (23)	290 (26)
400	338 (28)	339 (27)	320 (37)	360 (29)	338 (27)
500	500 (17)	489 (31)	460 (18)	490 (28)	440 (38)
600	580 (44)	580 (34)	580 (37)	588 (44)	579 (34)
700	640 (31)	610 (37)	610 (20)	629 (15)	700 (44)
800	740 (41)	710 (37)	719 (37)	719 (34)	770 (20)
900	880 (29)	820 (43)	840 (39)	820 (34)	868 (37)
1000	960 (35)	990 (35)	940 (26)	970 (41)	999 (21)

## Poszukiwania parametrów | Powrót do ChF

---

- Funkcja oceniająca Samuela
- Amerykańskie reguły gry
- Punktacja: Zwycięstwo = 1, Remis = 0, Porażka = -2
- Liczba uczestników: 3 razy 10
- Liczba pojedynków każdego uczestnika jako rozpoczynający: 5

## Poszukiwania parametrów | Powrót do ChF

	1. miejsce	2. miejsce	3. miejsce	4. miejsce	5. miejsce
100	89 (28)	70 (23)	78 (21)	40 (11)	40 (10)
200	110 (25)	164 (15)	160 (11)	140 (16)	160 (14)
300	268 (13)	269 (22)	290 (26)	238 (19)	270 (24)
400	307 (33)	308 (28)	310 (24)	370 (24)	377 (27)
500	469 (26)	499 (27)	480 (18)	419 (10)	480 (16)
600	598 (11)	580 (23)	549 (27)	600 (24)	577 (27)
700	690 (12)	690 (21)	650 (23)	680 (23)	639 (16)
800	799 (12)	760 (18)	730 (17)	800 (15)	730 (27)
900	899 (16)	810 (20)	878 (12)	820 (24)	840 (11)
1000	919 (18)	909 (21)	910 (13)	959 (24)	978 (23)

## Poszukiwania parametrów | Wersja wydłużona

---

- Funkcja oceniająca Samuela
- Amerykańskie reguły gry
- Punktacja: Zwycięstwo = 1, Remis = 0, Porażka = -2
- Liczba uczestników: 3 razy 10
- Liczba pojedynków każdego uczestnika jako rozpoczynający: 10

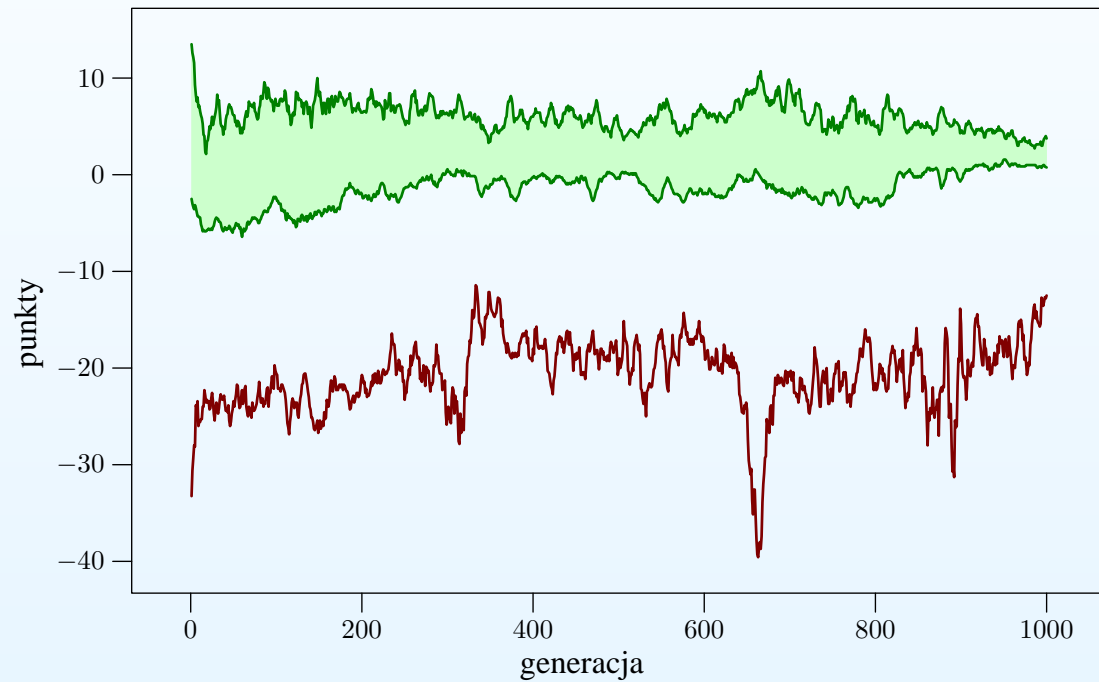
Uwaga: Proces natrafił na ekstremum lokalne

## Poszukiwania parametrów | Wersja wydłużona

	1. miejsce	2. miejsce	3. miejsce	4. miejsce	5. miejsce
100	27 (22)	79 (25)	80 (15)	25 (28)	58 (18)
200	160 (14)	199 (23)	188 (26)	130 (23)	130 (14)
300	278 (18)	262 (26)	207 (12)	260 (24)	297 (23)
400	350 (27)	360 (28)	367 (29)	360 (21)	380 (29)
500	447 (13)	440 (26)	417 (20)	469 (17)	429 (26)
600	546 (14)	578 (18)	550 (23)	580 (23)	580 (11)
700	689 (29)	649 (27)	658 (22)	648 (27)	668 (25)
800	770 (20)	739 (28)	707 (15)	759 (26)	760 (24)
900	850 (14)	890 (13)	850 (26)	899 (16)	809 (11)
1000	920 (27)	910 (21)	979 (25)	960 (28)	990 (18)

# Poszukiwania parametrów | Wersja wydłużona

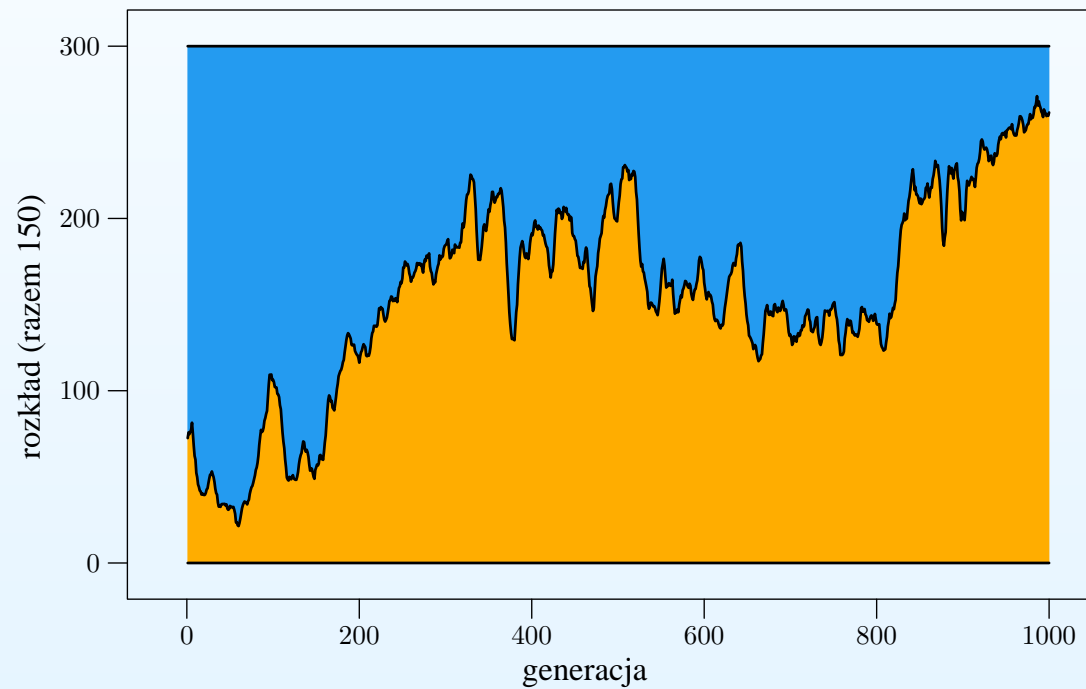
- Rozkład punktacji





## Poszukiwania parametrów | Wersja wydłużona

- Stosunek liczby remisów (kolor pomarańczowy) do partii rozstrzygniętych (kolor niebieski)



## Poszukiwania parametrów | Zmodyfikowana punktacja

- Zmniejszenie wpływu losowości na wyniki turniejów
- Modyfikacja stosowana dla osobników starszych
- Do wyniku w danym turnieju dodawana średnia wartość poprzednich wyników

$$S' = \frac{S + \frac{S_0}{A}}{2}$$

- $S'$  - ostateczny wynik turnieju
- $S$  - pierwotny wynik turnieju
- $S_0$  - suma wyników z wcześniejszych turniejów
- $A$  - wiek osobnika

## Poszukiwania parametrów | Zmodyfikowana punktacja

	1. miejsce	2. miejsce	3. miejsce	4. miejsce	5. miejsce
100	40 (24)	40 (25)	44 (14)	38 (12)	49 (20)
200	168 (12)	110 (15)	109 (11)	200 (17)	150 (12)
300	<b>280 (18)</b>	250 (27)	250 (15)	207 (21)	229 (17)
400	<b>398 (11)</b>	<b>390 (20)</b>	<b>399 (26)</b>	379 (25)	<b>389 (20)</b>
500	440 (28)	410 (17)	429 (22)	409 (22)	407 (25)
600	520 (24)	513 (21)	528 (23)	520 (20)	519 (21)
700	<b>699 (26)</b>	629 (22)	<b>700 (17)</b>	608 (24)	645 (23)
800	760 (15)	<b>800 (16)</b>	<b>780 (12)</b>	<b>790 (23)</b>	<b>800 (15)</b>
900	<b>900 (26)</b>	876 (17)	<b>899 (15)</b>	<b>900 (25)</b>	<b>890 (25)</b>
1000	959 (28)	907 (23)	976 (21)	947 (21)	920 (29)

## Wyniki

- Kontekst - praca magisterska
- Doświadczenie Chellapilli i Fogla
- Zastosowanie
- **Wyniki**
  - Chellapilla i Fogel
  - Porównanie konkurencyjnych funkcji oceniających
  - Uwagi

## Chellapilla i Fogel | [www.zone.com](http://www.zone.com)

---

- Najlepszy osobnik po 840 generacjach (6 miesięcy na komputerze Pentium II 400 MHz)
- Głębokość przeszukiwania drzewa: 8
- 165 pojedynków na [www.zone.com](http://www.zone.com)
- Program uzyskał ranking 2048.85 (ekspert), lepszy niż 99,61% zarejestrowanych graczy
  - 94 zwycięstwa, 32 remisy, 39 porażek (głównie z graczami o wysokich rankingach)
- Anakonda - unieruchamia przeciwnika
  - **Mimo braku zaimplementowanej koncepcji mobilności!**

## Chellapilla i Fogel | Chinook

---

- University of Alberta (Edmonton, Kanada), szef zespołu: Jonathan Schaeffer
- Wpisany do Księgi Rekordów Guinness'a jako pierwszy komputer, który pokonał ludzkiego mistrza świata w jakiegokolwiek grze
- Przeszukiwanie drzewa gry na głębokość minimum 17-19 ruchów
- Pełna baza końcówek dla 8 i mniej pionków na planszy (wcześniej 6, 7)
- Ranking: 2814

## Chellapilla i Fogel | Chinook

---

- Wersja z 1994 dostępna w Internecie
- Trzy wersje:
  - *novice* (głębokość przeszukiwania 5)
  - *amateur* (9)
  - *intermediate* (13)
- Baza końcówek: od 6 kamieni
- Ranking 2150-2175 (wersja *novice*)
- 10 pojedynków: 4 zw. Chinook'a, 2 zw. Anakondy, 4 remisy
  - Stąd ranking Anakondy: 2030 - 2055

## Porównanie funkcji oceniających

---

- Pentium IV 2600 MHz - widziany jako dwie jednostki centralne
- Dwa tygodnie - obie metody uzyskały ok. 350 godzin czasu procesora
- Funkcja Samuela: 4298 generacji, Chellapilli i Fogla: 2147
- Turniej porównujący siłę gry:
  - Po 10 osobników z odpowiedniej generacji
  - 10 rund po dwa razy „każdy z każdym”
  - Punktacja: Zwycięstwo = 1, Remis = 0, Porażka = -2



## Porównanie funkcji oceniających | 1000 kontra 1000

metoda	generacja	indeks	wynik
chf	998	12	-7
sam	998	29	-11
chf	1000	22	-34
chf	1000	25	-37
sam	1000	23	-37
sam	1000	12	-45
sam	1000	10	-58
chf	999	19	-62
chf	1000	21	-67
chf	1000	13	-68

- Średnio sam = -75,3 ; chf = -77,4

## Porównanie funkcji oceniających | 2000 kontra 2000

metoda	generacja	indeks	wynik
sam	2000	26	-17
sam	1999	14	-22
sam	1999	22	-39
chf	2000	21	-44
chf	1999	28	-44
sam	2000	29	-46
sam	1993	26	-46
chf	1998	14	-48
chf	2000	28	-49
sam	1995	16	-53

- Średnio sam = -61,9 ; chf = -79,0

## Porównanie funkcji oceniających | 2000 kontra 4000

metoda	generacja	indeks	wynik
chf	2147	16	26!!!
sam	4297	28	-33
sam	4296	16	-41
chf	2147	13	-43
chf	2147	24	-52
sam	4297	24	-57
sam	4283	13	-58
sam	4298	27	-61
chf	2143	20	-63
sam	4297	26	-66

- Średnio sam = -71,5 ; chf = -70,0

## Uwagi

- Metoda Chellapilli i Fogla
  - Przestrzeń ma ponad 5000 wymiarów
  - Niewielka liczba osobników
  - Krótkie turnieje - duży wpływ losowości
  - Krótki proces genetyczny
- Algorytmy genetyczne i antywarcaby
  - Problem z wyłonieniem najlepszego osobnika

## Podsumowanie

---

- Kontekst - praca magisterska
- Doświadczenie Chellapilli i Fogla
- Zastosowanie
- Wyniki

**KONIEC**