

Przetwarzanie sygnałów i identyfikacja – moduł AI, Wykład 1

## Wprowadzenie

Ziemowit Dworakowski  
Akademia Górniczo-Hutnicza,  
Katedra Robotyki i Mechatroniki

CONFIDENTIAL, Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

1

## Wprowadzenie



**dr hab. inż. Ziemowit Dworakowski, prof. AGH**  
Katedra Robotyki i Mechatroniki  
D-1, p. 407 (IVp)

**Konsultacje oficjalnie we wtorek i czwartek, 10:00 – 11:00**  
(ale najbezpieczniej wysłać maila dzień wcześniej i wpadać kiedykolwiek)

WWW: [galaxy.agh.edu.pl/~zdw](http://galaxy.agh.edu.pl/~zdw)  
e-mail: [zdw@agh.edu.pl](mailto:zdw@agh.edu.pl)

**Obszar zainteresowań:**  
**Aplikowanie metod sztucznej inteligencji w inżynierii mechanicznej:**

- Monitorowanie samolotów, systemy wizyjne w monitorowaniu struktur, wibrodiagnostyka, tłumienie drgań
- Sztuczne sieci neuronowe
- Fuzja decyzji
- Algorytmy ewolucyjne
- Systemy rozmyte
- Sterowanie

CONFIDENTIAL, Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

2

## Wprowadzenie

### Materiały:

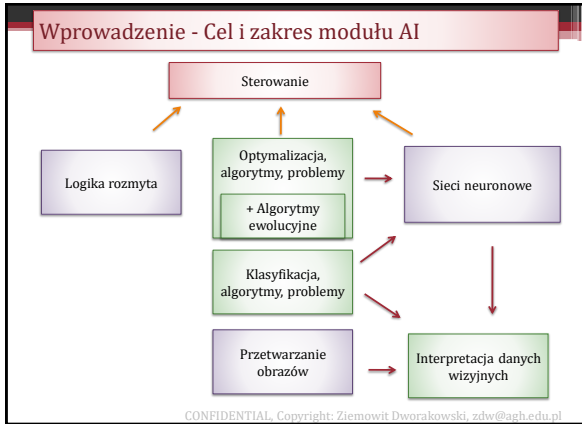
- 1) Wykłady (notatki! – podstawowe źródło wiedzy pozwalające na zaliczenie wszystkich kolokwii wejściowych)
- 2) J. Arabas, Wykłady z algorytmów ewolucyjnych, WNT Warszawa (2004)
- 3) R.L. Haupt, S.E. Haupt, Practical Genetic Algorithms, Wiley Interscience
- 4) K. Worden, W. J. Staszewski, and J. J. Hensman, "Natural computing for mechanical systems research: A tutorial overview," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 25, no. 1, pp. 4–111, Jan. 2011.
- 5) Bishop, C.M., „Pattern Recognition and Machine Learning” Springer, 2009
- 6) S. Haykin, *Neural Networks A Comprehensive Foundation*. Pearson Prentice Hall, 2001.
- 7) Winston, P.H. *Lectures on: Artificial Intelligence. Open Course Ware, MIT*  
<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-034-artificial-intelligence-fall-2010/lecture-videos/>

/dodatkowo, w ramach poszerzania horyzontów:

Siddhartha Mukherjee „Gen. Ukryta historia” - w ramach nieco innego spojrzenia na algorytmy genetyczne i lepszego zrozumienia po co to wszystko

CONFIDENTIAL, Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

3




---

---

---

---

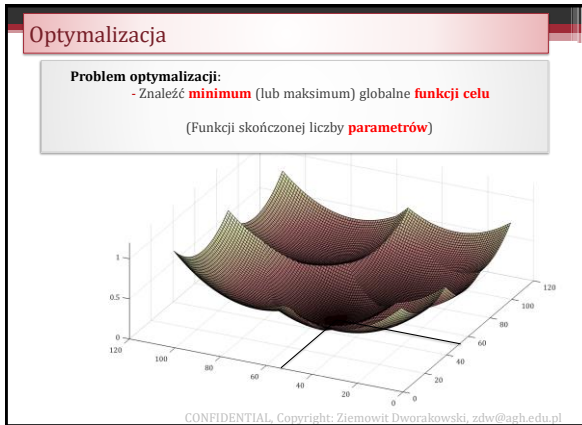
---

---

---

---

4




---

---

---

---

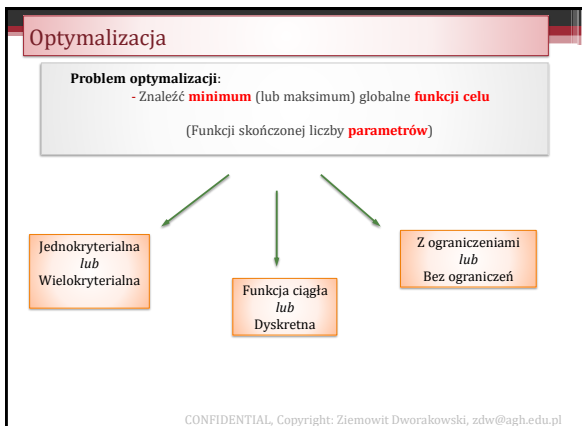
---

---

---

---

5




---

---

---

---

---

---

---

---

6

### Optymalizacja: przykłady

- Planowanie trajektorii
- Planowanie rozkładów (np. przypisanie samolotów do lotów)
- Optymalizacja produkcji
- Modelowanie (znajdowanie najlepszych parametrów modelu itp.)
- I wiele innych...



We wszystkich tych przykładach problem sprowadza się do znalezienia **globalnego ekstremum funkcji celu** ze względu na określoną liczbę **ciągłych lub dyskretnych parametrów**

CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

7

---

---

---

---

---

---

---

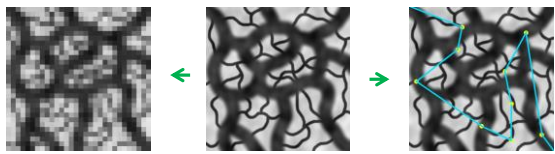
---

---

---

### Krok 1 - parametryzacja

→ **Krok 1: Dobierz właściwą reprezentację (parametryzując problem)**  
**Krok 2: Znajdź najlepszy zestaw parametrów**



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

8

---

---

---

---

---

---

---

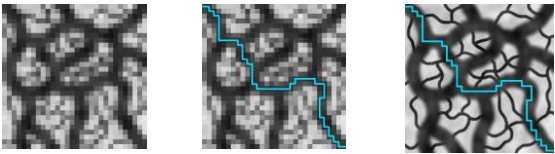
---

---

---

### Krok 1 - parametryzacja

→ **Krok 1: Dobierz właściwą reprezentację (parametryzując problem)**  
**Krok 2: Znajdź najlepszy zestaw parametrów**



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

9

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



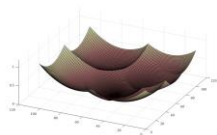
### Algoritmy optymalizacyjne

**Algorytm 2: Losowe próbkowanie przestrzeni parametrów**

```

    graph TD
      A[Wybierz punkt (wektor wartości parametrów) losowo] --> B[Sprawdź wartość funkcji celu w tym punkcie]
      B --> A
  
```

*Powtarzaj aż do uzyskania dobrego wyniku lub końca dostępnego czasu*



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

13

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

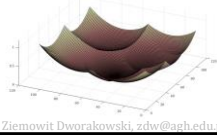
### Algoritmy optymalizacyjne

**Algorytm 3: Błądzenie metodą prób i błędów („Algorytm 1+1”)**

```

    graph TD
      A[Wybierz punkt (wektor wartości parametrów) losowo] --> B[Sprawdź wartość funkcji celu w tym punkcie. Jeśli jest jak do tej pory najlepsza – zapamiętaj ten punkt.]
      B --> C[Wykonaj niewielki krok w losowym kierunku poczynając od zapamiętanego punktu.]
      C --> B
  
```

*Powtarzaj aż do uzyskania dobrego wyniku lub końca dostępnego czasu*



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

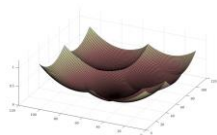
### Wykorzystanie informacji o gradiencie

**Algorytm 4: Wyznaczenie gradientu funkcji celu**

```

    graph TD
      A[Wybierz (zazwyczaj losowy) punkt startowy] --> B[Wyznacz gradient funkcji celu w wybranym punkcie]
      B --> C[Wykonaj krok w kierunku największego spadku gradientu]
      C --> B
  
```

*Aż do osiągnięcia odpowiednio małego gradientu lub końca czasu*



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

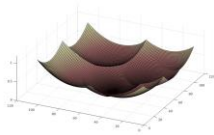
## Wykorzystanie informacji o gradiencie

### Algorytm 5: Gradientowy algorytm wielostartowy

- Wybierz (zazwyczaj losowy) punkt startowy
- ↓
- Wyznacz gradient funkcji celu w wybranym punkcie
- ↓
- Wykonaj krok w kierunku największego spadku gradientu

Aż do osiągnięcia odpowiednio małego gradientu lub ~~konkretnego~~ **określonej ilości iteracji**

Aż do końca czasu lub określonej ilości razy



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

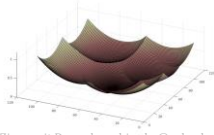
---

## Wykorzystanie informacji o gradiencie

### Algorytm 6: Algorytm gradientowy z momentem

- Wybierz (zazwyczaj losowy) punkt startowy
- ↓
- Wyznacz gradient funkcji celu w wybranym punkcie
- ↓
- Wykonaj krok w **kierunku wypadkowej największego spadku gradientu oraz dotychczasowego kierunku ruchu**

Powtarzaj aż do osiągnięcia odpowiednio małego gradientu lub określonej ilości iteracji



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

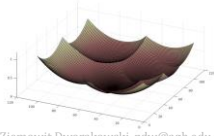
---

## Wykorzystanie informacji o gradiencie

### Algorytm 7: Metoda Newtona

- Wybierz (zazwyczaj losowy) punkt startowy
- ↓
- Rozwiń funkcję celu w szereg Taylora** w wybranym punkcie
- ↓
- Wybierz nowy punkt minimalizujący aproksymację kwadratową funkcji w punkcie

Powtarzaj aż do osiągnięcia odpowiednio małego gradientu i Hესjanu lub określonej ilości iteracji



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

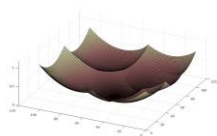
---

### Minimum lokalne funkcji celu

Funkcja celu posiada przynajmniej jedno **minimum globalne** - tzn. punkt zdefiniowany w przestrzeni parametrów dla którego przyjmuje ona najmniejszą wartość.

Funkcja celu może również posiadać tzw. **minima lokalne** czyli punkty, które posiadają najmniejszą wartość w swoim niezerowym otoczeniu.

Większość algorytmów optymalizacyjnych jest **przyciągana przez minima lokalne** - tzn. jeśli rozważane punkty znajdują się w pobliżu takiego minimum - algorytm może mieć problem z opuszczeniem jego **obszaru przyciągania**, tzn. zaproponowaniem rozwiązań znajdujących się poza „dolkiem” funkcji celu.



CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

19

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Porównanie algorytmów optymalizacyjnych

Algorytm	Konfiguracja implementacji	Wrażliwość na minimalną lokalną	Wrażliwość na ilość wymiarów	Nieciągła funkcja celu	„płaska” funkcja celu	Szybkość konwergencji	Skuteczność ogólna
Grid search	😊	😊	😞	😊	😊	😞	😊
Losowy	😊	😊	😞	😊	😊	😞	😞
1+1	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Gradientowy	😊	😞	😊	😞	😞	😊	😊
Gradientowy wielostartowy	😊	😊	😊	😞	😞	😊	😊
Gradientowy z momentem	😊	😊	😊	😞	😊	😊	😊
Newton	😊	😞	😊	😞	😊	😊	😊

CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

20

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Przetwarzanie sygnałów i identyfikacja – moduł AI, Wykład 1

## Optymalizacja

- 1) Co to jest optymalizacja?
- 2) Jakiego znaczenia ma wybór reprezentacji w optymalizacji? / *problem znajdowania trajektorii na rzeczywistej mapie*
- 3) Co to jest funkcja celu?
- 4) Jak działa algorytm pełnego przeglądu?
- 5) Jak działa algorytm *grid search*?
- 6) Jak może działać algorytm losowy np. (1+1)?
- 7) Jak działa algorytm gradientowy?
- 8) Jak działa algorytm gradientowy wielostartowy?
- 9) Jak działa algorytm gradientowy z momentem?
- 10) Jak działa algorytm oparty na metodzie Newtona?
- 11) Co to jest minimum lokalne funkcji celu?

CONFIDENTIAL. Copyright: Ziemowit Dworakowski, zdw@agh.edu.pl

21

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---