

---

# Laboratorium

## Algorytm genetyczny

---

### Problem podziału (przypomnienie z wykładu)

W problemie podziału (Partition problem) pytamy, czy da się podzielić zbiór liczb  $S$  na dwa zbiory  $S_1$  i  $S_2$  w taki sposób, że liczby w jednym i drugim podzbiorze sumują się do tej samej liczby.

Rozpatrzmy poniższy zbiór o 15 liczbach:

$S = [1, 2, 3, 6, 10, 17, 25, 29, 30, 41, 51, 60, 70, 79, 80]$

### Zadanie wstępne

Przedstawiony powyżej problem podziału został rozwiązany za pomocą paczki `pygad` (co omówiono na wykładzie) <https://pygad.readthedocs.io/en/latest/>

Uruchom i przeanalizuj poniższe rozwiązanie (załączone jest też jako osobny plik `partition_ga.py`)

```
import pygad
import numpy

S = [1, 2, 3, 6, 10, 17, 25, 29, 30, 41, 51, 60, 70, 79, 80]

#definiujemy parametry chromosomu
#geny to liczby: 0 lub 1
gene_space = [0, 1]

#definiujemy funkcję fitness
def fitness_func(solution, solution_idx):
    sum1 = numpy.sum(solution * S)
    solution_invert = 1 - solution
    sum2 = numpy.sum(solution_invert * S)
    fitness = -numpy.abs(sum1-sum2)
    #lub: fitness = 1.0 / (1.0 + numpy.abs(sum1-sum2))
    return fitness

fitness_function = fitness_func

#ile chromosomów w populacji
#ile genów ma chromosom
sol_per_pop = 10
num_genes = len(S)

#ile wylaniamy rodziców do "rozmanazania" (około 50% populacji)
#ile pokolen
#ilu rodziców zachować (kilka procent)
num_parents_mating = 5
num_generations = 30
keep_parents = 2

#jaki typ selekcji rodziców?
#sss = steady, rws=roulette, rank = rankingowa, tournament = turniejowa
parent_selection_type = "sss"
```

```

#w il =u punktach robic krzyzowanie?
crossover_type = "single_point"

#mutacja ma dzialac na ilu procent genow?
#trzeba pamietac ile genow ma chromosom
mutation_type = "random"
mutation_percent_genes = 8

#inicjacja algorytmu z powyzzszymi parametrami wpisanyymi w atrybuty
ga_instance = pygad.GA(gene_space=gene_space,
                       num_generations=num_generations,
                       num_parents_mating=num_parents_mating,
                       fitness_func=fitness_function,
                       sol_per_pop=sol_per_pop,
                       num_genes=num_genes,
                       parent_selection_type=parent_selection_type,
                       keep_parents=keep_parents,
                       crossover_type=crossover_type,
                       mutation_type=mutation_type,
                       mutation_percent_genes=mutation_percent_genes)

#uruchomienie algorytmu
ga_instance.run()

#podsumowanie: najlepsze znalezione rozwiazanie (chromosom+ocena)
solution, solution_fitness, solution_idx = ga_instance.best_solution()
print("Parameters of the best solution : {solution}".format(solution=solution))
print("Fitness value of the best solution =
{solution_fitness}".format(solution_fitness=solution_fitness))

#tutaj dodatkowo wyswietlamy sume wskazana przez jedynki
prediction = numpy.sum(S*solution)
print("Predicted output based on the best solution :
{prediction}".format(prediction=prediction))

#wyswietlenie wykresu: jak zmieniala sie ocena na przestrzeni pokolen
ga_instance.plot_fitness()

```

## Problem plecakowy (przypomnienie z wykładu)

W problemie plecakowym dana jest lista przedmiotów o wartościach i wagach. Chcemy do plecaka zabrać najcenniejsze rzeczy. Pytanie brzmi: jaki zestaw przedmiotów (o łącznej maksymalnej wadze  $n$  kg) ma największą wartość?

Rozpatrzmy instancję problemu:

$n = 25$  kg (limit wagi), lista przedmiotów:

	przedmiot	wartosc	waga
1	zegar	100	7
2	obraz-pejzaż	300	7
3	obraz-portret	200	6
4	radio	40	2
5	laptop	500	5
6	lampka nocna	70	6
7	srebrne sztuće	100	1
8	porcelana	250	3
9	figura z brązu	300	10
10	skórzana torebka	280	3
11	odkurzacz	300	15

## Zadanie 1

Rozwiąż powyższy problem plecakowy w Pythonie z użyciem paczki pygad. Możesz skorzystać z kodu z `partition_ga.py`, który trzeba rozsądnie zmodyfikować. Najważniejsze jest poprawne napisanie funkcji fitness – wskazówki były na wykładzie.

Dopasuj parametry algorytmu do powyższego problemu (wielkość populacji, mutacja, itp.)

Jakie jest najlepsze rozwiązanie? Które przedmioty powinniśmy zabrać? Jaką mają wartość?

## Zadanie 2

Zapoznaj się z możliwością dodania warunków zatrzymania dla algorytmu genetycznego w pygad:

[https://pygad.readthedocs.io/en/latest/README\\_pygad\\_ReadTheDocs.html#stop-criteria](https://pygad.readthedocs.io/en/latest/README_pygad_ReadTheDocs.html#stop-criteria)

Dla zadania 1, zmodyfikuj kod programu tak, aby:

- Program tworzył nowe pokolenia dopóki nie znajdzie rozwiązania z fitness równym 1600. Gdy fitness 1600 zostanie osiągnięte, to algorytm przerwie działanie.
- Po zakończeniu program wypisze, ile pokoleń minęło, aż do znalezienia najlepszego rozwiązania.
- Zmierz, ile czasu działał algorytm genetyczny. Przed i po poleceniach:

```
ga_instance = pygad.GA(...)
ga_instance.run()
```

trzeba zmierzyć czas systemowy i podać różnicę czasu.

Przykład z Internetu:

```
import time

start = time.time()
print("hello")
end = time.time()
print(end - start)
```

- Zmierz czas 10 razy, zapisz wszystkie wyniki i podaj średnią z wyników. Ile średnio czasu zajmuje algorytmowi genetycznemu znalezienie rozwiązania?

## Problem inżynierski: stop metali

W pewnym zakładzie badawczym inżynierowie próbowali stworzyć bardzo trwały stop sześciu metali. Ilości wszystkich 6 metali w stopie oznaczone zostały symbolami  $x, y, z, u, v, w$  i są to liczby z przedziału  $[0, 1]$ . Okazało się, że wytrzymałość stopu określona jest przez funkcję:

$$\text{endurance}(x, y, z, v, u, w) = e^{-2 \cdot (y - \sin(x))^2} + \sin(z \cdot u) + \cos(v \cdot w)$$

Obliczenie maksymalnej wytrzymałości (endurance) było dla inżynierów problematyczne. Poproszono Ciebie, eksperta od sztucznej inteligencji, o rozwiązanie problemu.

### Zadanie 3

W tym zadaniu rozwiążemy problem inżynierski za pomocą algorytmu genetycznego. Naszym celem jest znalezienie odpowiedzi na dwa pytania:

- Jaka jest najlepsza wytrzymałość stopu metali?
- Jakie ilości metali trzeba mieszać, by uzyskać najbardziej wytrzymały stop?

Przydatny fragment kodu (po imporcie biblioteki math):

```
def endurance(x, y, z, u, v, w):  
    return math.exp(-2*(y-math.sin(x))**2)+math.sin(z*u)+math.cos(v*w)
```

Zadanie to jest inne niż te z poprzednich laboratoriów, gdyż musimy się zmierzyć z chromosomami, które nie mają zer i jedynek jak genów. Zamiast nich, mają liczby rzeczywiste (zmiennoprzecinkowe) z przedziału [0, 1).

Przykładowy chromosom:  $A = [0.09, 0.06, 0.99, 0.98, 0.1, 0.15]$

Rozwiąż ten problem z użyciem paczki pygad i odpowiedz na pytania zadane na początku tego zadania.

- Otwórz dokumentację i korzystaj z niej w razie problemów:  
[https://pygad.readthedocs.io/en/latest/README\\_pygad\\_ReadTheDocs.html](https://pygad.readthedocs.io/en/latest/README_pygad_ReadTheDocs.html)
- Zdefiniuj poprawnie gene\_space.
- Zdefiniuj sensowną funkcję fitness (to jest u nas banalnie proste 😊)
- Ustaw sensowne parametry związane z populacją i długością chromosomu (6!).
- Chromosom jest krótki, mutację trzeba zwiększyć do kilkunastu procent, żeby nie dostawać czerwonego warninga.

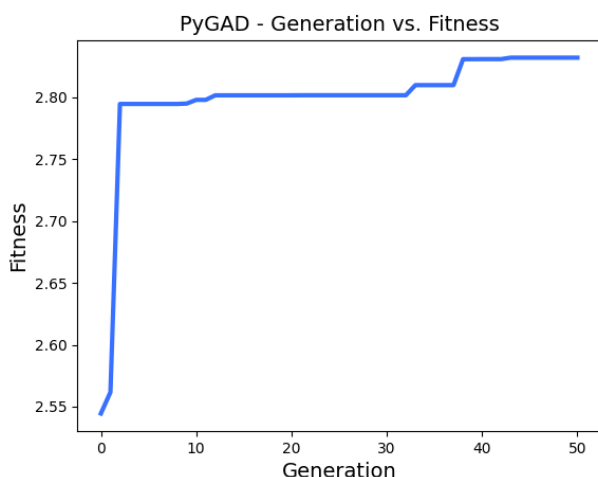
```
UserWarning: The percentage of genes to mutate ...
```

- Uruchom algorytm genetyczny. Powtórz kilka razy, by zobaczyć czy wyniki i wykresy się zmieniają.

U mnie najlepszy stop miał około 2.83.

Parameters of the best solution : [0.20431118 0.20483286 0.99940818 0.98341734  
0.21199392 0.01554426]

Fitness value of the best solution = 2.832060419993197



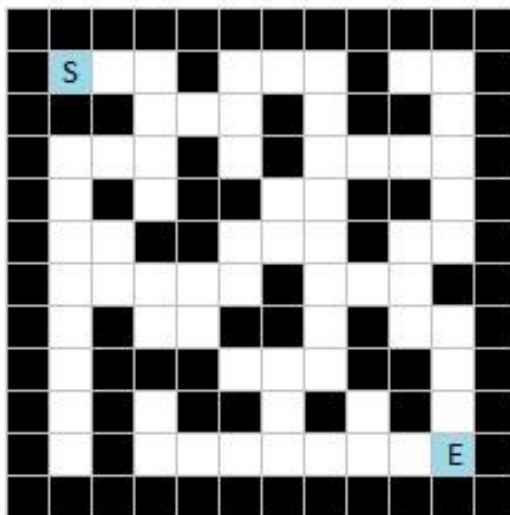
## Problem drogi w labiryncie

Dany jest prostokątny labirynt składający się z kwadratowych pól. Niektóre pola są puste i można po nich chodzić (kratki białe), a niektóre pola są ścianami i nie można na nie wchodzić (kratki czarne). Można założyć, że labirynt jest otoczony ramką ścianek, tak aby nie dało się wyjść poza jego granice.

Po labiryncie chodzimy przeskakując z pola na jedno z sąsiednich pól (po lewej, prawej, u góry lub na dole). Nie są legalne skoki na ukos.

W lewym górnym rogu labiryntu znajduje się pole startu (S), a w prawym dolnym rogu pole wyjścia (exit, E). Czy istnieje ścieżka z S do E o określonej maksymalnej długości?

Żeby było łatwiej, weźmy konkretny przykład (instancję problemu). Mamy labirynt 12x12 pól, uwzględniając ramkę ze ścianek, lub 10x10 pól, nie uwzględniając tej ramki. Rysunek:



W labiryncie tym szukamy drogi o maksymalnej liczbie **30 kroków**. Czy istnieje taka droga? Jeśli tak, jak ona wygląda?

Oczywiście, ponieważ labirynt jest łatwy to od razu znajdziemy rozwiązanie. Z bardzo skomplikowanymi labiryntami byłoby jednak gorzej. A jak poradzi sobie algorytm genetyczny z labiryntem?

## Zadanie 4

Stosując paczkę pygad, rozwiąż problem szukania drogi w labiryncie za pomocą algorytmu genetycznego.

Aspekty organizacyjne do rozważenia (były omówione dość obszernie na wykładzie)

- Jak zakodować labirynt?
- Jak zakodować chromosomy? Jaką mają długość? Jakie mają geny?
- Jaką wybrać funkcję fitness? Jakie oceny będzie wystawiała?
- Problem wydaje się być cięższy niż poprzednie. Czy warto zwiększyć populację?

Gdy rozstrzygniesz aspekty organizacyjne, przejdź do rozwiązania zadania:

- a) Zakoduj labirynt jako macierz.
- b) Ustaw odpowiednie `gene_space` i długości chromosomów.
- c) Ustaw sensowne parametry związane z populacją i rodzicami. Możesz przetestować różne konfiguracje.
- d) Ustaw sensowny procent na szansie na mutację. Najniższy możliwy, żeby nie wyskakiwał warning.
- e) Stwórz funkcję fitness. (Jest to najcięższy punkt tego zadania: sporo programowania, pętle).
- f) Jeśli algorytm znajduje rozwiązanie, to wprowadź warunek stopu i zmierz średni czas z 10 uruchomień.