

Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

Grzegorz Bujak  
Arkadiusz Markowski  
Marcin Majdański

## Układanie planu zajęć na studiach niestacjonarnych

Projekt zespołowy  
na studiach stacjonarnych  
o kierunku informatyka

Opiekun projektu:  
Doktor Inżynier Grzegorz Słoń

Kielce, 2021

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Charakterystyka zadania</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Podstawa teoretyczna</b>	<b>3</b>
2.1	Symulowane wyżarzanie . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Algorytm obliczeniowy</b>	<b>4</b>
3.1	Przechowywanie stanu programu . . . . .	4
3.2	Mutacje . . . . .	5
3.3	Obliczanie energii . . . . .	5
3.3.1	Wagi energii . . . . .	6
3.4	Stany nielegalne . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Opis działania aplikacji</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Podsumowanie i wnioski</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Instrukcja obsługi aplikacji</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>11</b>
7.1	Symulowane wyżarzanie - teoria . . . . .	11

# 1 Charakterystyka zadania

Problem, który postanowiliśmy rozwiązać to układanie planu lekcji na studiach niestacjonarnych. Problem można interpretować na wiele sposobów. W tym projekcie traktujemy ten problem jako problem optymalizacji.

Do napisania algorytmu wykorzystaliśmy język Rust. Programy napisane w tym języku kompilują się do kodu maszynowego i są tak wydajne, jak programy napisane w C++.

Do prezentacji ułożonego planu wykorzystaliśmy HTML.

Kody źródłowe:

- Algorytm w Rust: <https://github.com/gbujak/bfplan>
- Aplikacja internetowa: <https://github.com/arekmanko/projekt-zespolowy>

## 2 Podstawa teoretyczna

### 2.1 Symulowane wyżarzanie

Symulowane wyżarzanie to rodzaj algorytmu heurystycznego przeszukującego przestrzeń alternatywnych rozwiązań problemu w celu wyszukania najlepszego. Nazwa algorytmu bierze się z metalurgii, gdzie metal jest podgrzewany i chłodzony w celu osiągnięcia struktury krystalicznej o najmniejszej energii.

Przyjmując, że dowolny problem to funkcja matematyczna pewnego stanu  $S$ , szuka się stanu, który daje najlepszy wynik (najmniejszą wartość  $f(S)$ ). Algorytm można przedstawić jako:

1. Wylosuj stan sąsiedni  $S'$  do obecnego  $S$ .
2. Oblicz  $f(S')$ .
3. Zdecyduj, czy przyjąć stan  $S'$ . Jeśli nie, przejdź do kroku 1.
4. Ustaw stan  $S'$  jako obecny stan. Przejdź do kroku 1.

Decyzja o przyjęciu stanu zależy od  $f(S')$  oraz od temperatury. Symulowane wyżarzanie różni się tym od algorytmu zachłannego, że przy wysokiej temperaturze akceptuje zmianę

stanu, która pogarsza wynik. Dzięki temu, algorytm nie zatrzymuje się w minimum lokalnym.

Temperatura maleje przy każdej zmianie stanu. Przy niskiej temperaturze, algorytm zaczyna działać jak algorytm zachłanny. (odwołanie 1) (odwołanie 2)

## 3 Algorytm obliczeniowy

Program, który napisaliśmy implementuje algorytm symulowanego wyżarzania opisany w poprzedniej sekcji. W tej sekcji, opisaliśmy, w jaki sposób nasz program implementuje ten algorytm.

Większość czasu działania programu odbywa się w nieskończonej pętli, której działanie jest opisane w krokach w poprzedniej sekcji. Nasza implementacja algorytmu przerywa pracę, gdy odrzucone zostanie 1.000.000 zmian stanu z rzędu.

### 3.1 Przechowywanie stanu programu

Stan planu przechowywany jest w naszym programie za pomocą czterech struktur danych. Są to: tablica i trzy tablice mieszające. Taka kombinacja znacznie zwiększa skomplikowanie programu, ale przyspiesza wykonywanie mutacji. Zwykła tablica przechowuje struktury zawierające dane o pojedynczej lekcji. Są to grupa studencka, nauczyciel, sala lekcyjna i czas. Tablice mieszające mapują pary czasu i innych charakterystyk do lekcji, która posiada taką kombinację czasu i charakterystyki.

W pseudokodzie można to przedstawić jako:

```
struct PlanLekcji {
    lekcje: Array<{czas: int, grupa: int, nauczyciel: int, sala: int}>,

    czas_sala: HashMap<{czas: int, sala: int}, int>,
    czas_nauczyciel: HashMap<{czas: int, nauczyciel: int}, int>,
    czas_grupa: HashMap<{czas: int, grupa: int}, int>,
}
```

Czas jest przechowywany jako liczba całkowita. Można ją traktować jak ID.

- Czas o wartości “0” to pierwszy dzień zjazdu o godzinie 8:00.
- Czas o wartości “1” to pierwszy dzień zjazdu o godzinie 10:00.
- Czas o wartości “5” to pierwszy dzień zjazdu o godzinie 18:00.
- Czas o wartości “6” to drugi dzień zjazdu o godzinie 8:00.

## 3.2 Mutacje

Problemem typowej implementacji algorytmu symulowanego wyżarzania do rozwiązania problemu szukania planu lekcji jest rozmiar stanu. Typowa implementacja algorytmu wykonuje kopię całego stanu.

Stwierdziliśmy, że kopiowanie stanu planu lekcji byłoby zbyt kosztowne. Z tego powodu, zaimplementowaliśmy coś co nazwaliśmy “mutacjami”. Mutacja to struktura przechowująca rodzaj zmiany stanu i pozwalająca na wygenerowanie mutacji odwrotnej, której wykonanie przywróci stan przed oryginalną mutacją.

Losowanie stanu sąsiedniego w naszym programie polega na losowaniu mutacji. Mutacja jest następnie wykonywana na stanie programu. Oceniana jest energia stanu po mutacji i podejmowana jest decyzja o przyjęciu nowego stanu. Przy odrzuceniu nowego stanu, wykonywana jest mutacja odwrotna.

## 3.3 Obliczanie energii

Obliczanie energii jest wykonywane w metodach struktury BufferStatistics. W zwiększenia wydajności programu, różne składowe energii są obliczane w tym samym czasie. Znacznie komplikuje to logikę programu, ale dzięki temu program do obliczenia energii planu musi iterować po lekcjach tylko raz.

Przykładowo rozdzielenie obliczania ilości okienek prowadzących i ilości okienek studentów do osobnych funkcji uprościłoby logikę programu - każda funkcja byłaby odpowiedzialna za jeden problem. Spowodowałoby to jednak konieczność napisania dwóch pętli, a nie jednej.

### 3.3.1 Wagi energii

Energia stanu zależy od wielu czynników. Są to na przykład okienka studentów i okienka wykładowców. Energia dla tych czynników jest obliczana osobno. Następnie, z wykorzystaniem wag podanych przez użytkownika, wektorowa energia jest przetwarzana na liczbę zmiennoprzecinkową.

## 3.4 Stany nielegalne

Plan lekcji, który algorytm uzna za najlepszy nie zawsze jest możliwy do zastosowania. Jest tak na przykład, gdy jakiś prowadzący nie jest w stanie pracować pewnego dnia, lub jakaś sala pewnego dnia nie będzie w stanie umożliwiającym prowadzenie zajęć.

Zmiana ręczna wygenerowanego planu może okazać się trudna. Przeniesienie jednej lekcji na inny dzień może spowodować przypisanie dwóch lekcji do tej samej sali w tym samym czasie. Żeby rozwiązać ten problem, dodaliśmy do programu “stany nielegalne”.

Są one przedstawione w programie, jako zdanie SVO (Subject Verb Object):

- Podmiot (Subject) - zawarty w `IllegalStateSubject`,
- Orzeczenie (Verb) - zawsze domyślne “nie może być związany z”,
- dopełnienie (Object) - zawarty w `IllegalStateObject`.

```
pub enum IllegalStateSubject {  
    StudentGroup(u8),  
    Teacher(u8),  
    Classroom(u8),  
}
```

```
pub enum IllegalStateObject {  
    StudentGroup(u8),  
    Teacher(u8),  
    Day(u8),  
    DayHour(SimpleDate),  
    Classroom(u8),  
}
```

}

Program, przy wprowadzaniu mutacji, sprawdzi, czy nowy stan zmienionych lekcji nie posiada żadnego z wprowadzonych stanów nielegalnych. Gdy tak będzie, mutacja zostanie odrzucona.

## 4 Opis działania aplikacji

Program implementujący algorytm to aplikacja terminalowa. Aplikacja spodziewa się otrzymania danych do ułożenia planu w formacie JSON na standardowe wejście (`stdin`).

Ręczne uruchomienie programu wygląda tak:

```
$ ./bfplan < ./test.json
```

Aplikacja zapisuje wynik pracy do pliku `output.json`.

Po utworzeniu plików z wynikami powinny być one przeniesione na stronę internetową (niezaimplementowane) i widoczny powinien być utworzony plan zajęć (Rysunek 1).

	8:00-10:00	10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00	16:00-18:00	18:00-20:00
Piątek					Laboratorium Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Laboratorium Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Sobota	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Łukawski	Ćwiczenia Język obcy 4 mgr Nina Kacperczyk	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Laboratorium Inżynieria programowania mgr inż. Paweł Pieta	Laboratorium Grafika komputerowa mgr inż. Daniel Kaczmarski	Wykład Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Niedziela	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Arkadiusz Chrobot	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Adam Kreczowicz	Wykład Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Łukawski	

Legenda:  - wykład  - laboratorium  - ćwiczenia

« Poprzedni tydzień Następny tydzień »

Rysunek 1: Przykładowe zdjęcie planu

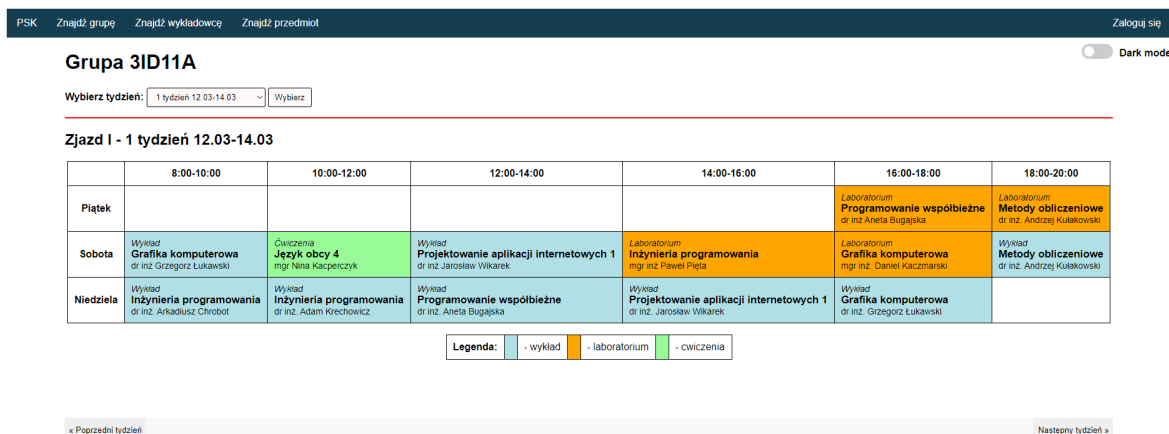
## 5 Podsumowanie i wnioski

Algorytmy genetyczne są trudne do debugowania. Z tego powodu należy zadbać o dobrą strukturę i prostotę kodu. W pierwszej implementacji, w celu optymalizacji, próbowaliśmy wykorzystać to, że struktura HashMap ze standardowej biblioteki Rust zwraca poprzednią wartość klucza, gdy taka istnieje i próbuje się ją nadpisać. Próbowaliśmy zaimplementować algorytm bez czytania z map. Podmienialiśmy wartość i cofaliśmy podmianę, gdy była błędna. Ta optymalizacja bardzo skomplikowała program i musieliśmy napisać go jeszcze raz w bardziej przejrzysty sposób.

Kolejnym problemem przy pisaniu takich algorytmów jest to, że błędy nie są widoczne. Przed dodaniem asercji w kluczowych funkcjach algorytmu, nie byliśmy świadomi występowania błędów.

## 6 Instrukcja obsługi aplikacji

Większość strony zajmuje sam plan, na którym zajęcia są oznakowane różnymi kolorami w zależności od typu zajęć, co opisane jest także w legendzie poniżej planu (Rysunek 2).



Rysunek 2: Przykładowe zdjęcie planu

Na górze strony znajduje się menu, w którym możemy wybrać wyświetlany plan w zależności od grupy, prowadzącego zajęcia lub przedmiotu (Rysunek 3).

Tuż nad samym planem znajduje się okienko z wyborem, który tydzień ma być pokazy-



PSK Znajdź grupę Znajdź wykładowcę Znajdź przedmiot Zaloguj się

1 rok 2 rok 3 rok

D11A

Dark mode

Zjazd I - 1 tydzień 4.03

		10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00	16:00-18:00	18:00-20:00
Piątek	3ID11A 3ID11B 3ID12A 3ID12B 3ID13A 3ID13B				Laboratorium Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Laboratorium Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Sobota	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Lukawski	Cwiczenia Język obcy 4 mgr Nina Kacperczyk	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Laboratorium Inżynieria programowania mgr inż. Paweł Pięta	Laboratorium Grafika komputerowa mgr inż. Daniel Kaczmarski	Wykład Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Niedziela	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Arkadiusz Chrobot	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Adam Krechowicz	Wykład Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Lukawski	

Legenda: - wykład - laboratorium - cwiczenia

« Poprzedni tydzień

Następny tydzień »

Rysunek 3: Wybór grupy w menu górnym

wany (Rysunek 4), a zatwierdzenie wyboru przyciskiem ‘Wybierz’ powinno wyświetlić na ekranie plan dla wybranego przez użytkownika tygodnia zajęć (niezaimplementowane).

PSK Znajdź grupę Znajdź wykładowcę Znajdź przedmiot Zaloguj się

Dark mode

Grupa 3ID11A

Wybierz tydzień: 1 tydzień 12.03-14.03 2 tydzień 19.03-21.03 3 tydzień 26.03-28.03 4 tydzień 02.04-04.04 5 tydzień 09.04-11.04 6 tydzień 16.04-18.04 7 tydzień 23.04-25.04 8 tydzień 30.04-02.05 9 tydzień 07.05-09.05 10 tydzień 14.05-16.05 11 tydzień 21.05-23.05 12 tydzień 28.05-30.05 13 tydzień 04.06-06.06 14 tydzień 11.06-13.06 15 tydzień 18.06-20.06

Wybierz

Zjazd I - 1 tydzień 3

		10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00	16:00-18:00	18:00-20:00
Piątek					Laboratorium Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Laboratorium Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Sobota	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Lukawski	Cwiczenia Język obcy 4 mgr Nina Kacperczyk	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Laboratorium Inżynieria programowania mgr inż. Paweł Pięta	Laboratorium Grafika komputerowa mgr inż. Daniel Kaczmarski	Wykład Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Niedziela	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Arkadiusz Chrobot	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Adam Krechowicz	Wykład Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Lukawski	

Legenda: - wykład - laboratorium - cwiczenia

« Poprzedni tydzień

Następny tydzień »

Rysunek 4: Widok wyboru tygodnia

Dodatkową funkcjonalnością na stronie jest możliwość ustawienia trybu ciemnego poprzez suwak znajdujący się w prawym górnym rogu strony (Rysunek 5).

W prawym górnym rogu strony znajduje się przycisk zaloguj, który przenosi użytkownika na stronę logowania (Rysunek 6).

Po zalogowaniu się na konto administratora otworzy się panel (Rysunek 7), w którym znajdują się zakładki ‘Dodaj salę’, ‘Dodaj grupę’ i ‘Dodaj wykładowcę’. W każdej

PSK
Znajdź grupę
Znajdź wykładowcę
Znajdź przedmiot
Zaloguj się

Grupa 3ID11A
Dark mode

Wybierz tydzień: 1 tydzień 12.03-14.03
Wybierz

Zjazd I - 1 tydzień 12.03-14.03

	8:00-10:00	10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00	16:00-18:00	18:00-20:00
Piątek					Laboratorium Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Laboratorium Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Sobota	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Łukawski	Cwiczenia Język obcy 4 mgr Nina Kacperczyk	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Laboratorium Inżynieria programowania mgr inż. Paweł Pięta	Laboratorium Grafika komputerowa mgr inż. Daniel Kaczmarek	Wykład Metody obliczeniowe dr inż. Andrzej Kulakowski
Niedziela	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Arkadiusz Chrobot	Wykład Inżynieria programowania dr inż. Adam Kreczowiec	Wykład Programowanie współbieżne dr inż. Aneta Bugajska	Wykład Projektowanie aplikacji internetowych 1 dr inż. Jarosław Wikarek	Wykład Grafika komputerowa dr inż. Grzegorz Łukawski	

Legenda:
- wykład
- laboratorium
- cwiczenia

« Poprzedni tydzień
Następny tydzień »

Rysunek 5: Strona z włączonym trybem ciemnym

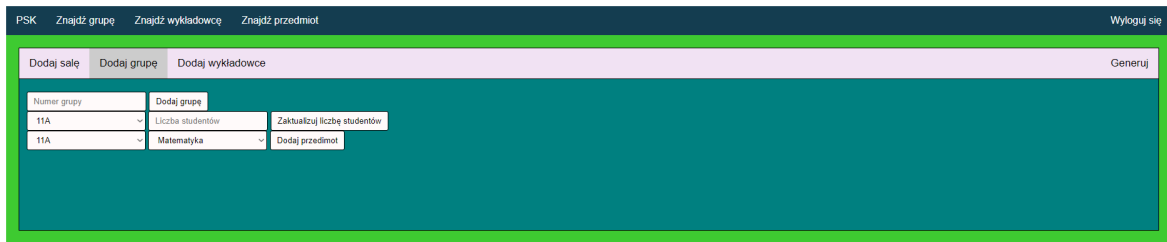
Login

Password

Zaloguj

Rysunek 6: Ekran logowania

zakładce można dodać odpowiedni element do bazy danych, z której następnie można wygenerować plan przyciskiem po prawej stronie zakładek (niezaimplementowane).



Rysunek 7: Widok zalogowanego administratora

## 7 Bibliografia

### 7.1 Symulowane wyżarzanie - teoria

1. Buseti, Franco. "Simulated annealing overview." World Wide Web URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.66.5018&rep=rep1&type=pdf> 4 (2003). (dostęp 2021-06-15)
2. R. A. Rutenbar, "Simulated annealing algorithms: an overview," in IEEE Circuits and Devices Magazine, vol. 5, no. 1, pp. 19-26, Jan. 1989, doi: 10.1109/101.17235.