

Inteligencja obliczeniowa w analizie danych cyfrowych

Projekt:

STRIPS

AGH Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii
Biomedycznej

Autorzy

Michał Burda

Kamil Poniewierski



1. Wprowadzenie

Celem projektu było zaimplementowanie systemu planowania **STRIPS** w świecie inspirowanym grą **StarCraft**. Głównym zadaniem było zaplanowanie sekwencji działań, które pozwolą jednostce SCV zebrać minerały, zbudować wymagane budynki (Depot i Barracks), a następnie wytrenować jednostkę Marine.

Rozwiązanie zostało zaimplementowane w Pythonie z wykorzystaniem biblioteki **AlPython**, a planowanie przeprowadzono metodą **forward planning** (planowanie do przodu). Dodatkowo zaprojektowano prostą heurystykę oceniającą postęp względem celu, aby przyspieszyć przeszukiwanie przestrzeni stanów.

2. Znalezione rozwiązanie jako ciąg wykonywanych akcji

Problem: Build Depot

Plan bez heurystyki:

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_2: EMPTY
- Wszystkie pola mineralne zawierają "Minerals"

Plan (4 kroki):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_7
2. collect_minerals_7
3. move_scv_from_Minerals_7_to_Sector_1
4. Build_Depot_1

Statystyki:

- Koszt planu: 4
- Ścieżki rozwinięte (paths expanded): 73
- Ścieżki w kolejce (frontier): 413
- Czas wykonania: 0.189 s

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic):

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_2: EMPTY

Plan (4 kroki):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
2. collect_minerals_4
3. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_1
4. Build_Depot_1

Statystyki:

- Koszt planu: 4
- Ścieżki rozwinięte (paths expanded): 24
- Ścieżki w kolejce (frontier): 106
- Czas wykonania z heurystyką: 0.035 s

Wnioski:

Zastosowanie heurystyki goal_count_heuristic znacząco przyspieszyło przeszukiwanie przestrzeni stanów. Algorytm z heurystyką znalazł plan szybciej (ponad 5x szybciej) i z mniejszą liczbą rozwiniętych ścieżek, mimo że plan końcowy był identyczny.

Problem: Build Barracks

Plan bez heurystyki:

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_2: EMPTY
- Wszystkie pola mineralne zawierają "Minerals"

Plan (8 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_1
2. collect_minerals_1
3. move_scv_from_Minerals_1_to_Sector_2
4. Build_Depot_2
5. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_2
6. collect_minerals_2
7. move_scv_from_Minerals_2_to_Sector_1
8. Build_Barracks_1

Statystyki:

- Koszt planu: 8
- Ścieżki rozwinięte (paths expanded): 580
- Ścieżki w kolejce (frontier): 2417
- Czas wykonania: 3.30 s

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic):

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_2: EMPTY

Plan (8 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_3
2. collect_minerals_3
3. move_scv_from_Minerals_3_to_Sector_2
4. Build_Depot_2
5. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_1
6. collect_minerals_1
7. move_scv_from_Minerals_1_to_Sector_1
8. Build_Barracks_1

Statystyki:

- Koszt planu: 8
- Ścieżki rozwinięte (paths expanded): 290
- Ścieżki w kolejce (frontier): 722
- 🕒 Czas wykonania z heurystyką: 0.86 s

Wnioski:

Zastosowanie heurystyki znacząco zmniejszyło czas wykonania oraz liczbę rozwiniętych ścieżek (z 580 do 290), a także pozwoliło szybciej osiągnąć cel. Oba plany były równie dobre (koszt = 8), ale heurystyka poprowadziła algorytm efektywniej przez przestrzeń stanów.

Problem: Build Barracks

Plan bez heurystyki:

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_2: EMPTY
- Unit_1, Unit_2, Unit_3: brak jednostek
- Wszystkie pola minerałów zawierają "Minerals"

Plan (11 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
2. collect_minerals_4
3. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_2
4. Build_Depot_2
5. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_7
6. collect_minerals_7
7. move_scv_from_Minerals_7_to_Sector_1
8. Build_Barracks_1
9. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_6
10. collect_minerals_6
11. train_marine_1

Statystyki:

- Liczba wykonanych akcji: 11
- Całkowity koszt planu: 11
- Rozwinięte ścieżki (paths expanded): 1492
- Ścieżki w kolejce (frontier): 2951
- Czas wykonania planu (bez heurystyki): 14.49 s

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic):

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_2: EMPTY
- Unit_1, Unit_2, Unit_3: brak jednostek
- Wszystkie pola minerałów zawierają "Minerals"

Plan (11 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_7
2. collect_minerals_7
3. move_scv_from_Minerals_7_to_Sector_2
4. Build_Depot_2
5. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_5
6. collect_minerals_5
7. move_scv_from_Minerals_5_to_Sector_1
8. Build_Barracks_1
9. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_1
10. collect_minerals_1
11. train_marine_1

Statystyki:

- Liczba wykonanych akcji: 11
- Całkowity koszt planu: 11
- Rozwinięte ścieżki (paths expanded): 1150
- Ścieżki w kolejce (frontier): 4138
- Czas wykonania planu z heurystyką: 9.29 s

Wnioski:

Zastosowanie heurystyki goal_count_heuristic skróciło czas planowania i zmniejszyło liczbę rozwiniętych ścieżek w porównaniu do rozwiązania bez heurystyki. Algorytm A* prowadzony przez heurystykę efektywniej kierował się w stronę celu, co jest szczególnie istotne przy większej liczbie minerałów i możliwych stanów.

Problem: Build Depot – z podcelami

Cel główny:

Zbudowanie budynku **Depot** w Sector_1.

Podcele:

- SCV znajduje się w Sector_1.
- SCV nie ma minerałów (HasMinerals: False), co oznacza, że zostały one wykorzystane do budowy.

Plan bez heurystyki:

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- Sector_1: EMPTY
- SCV nie ma minerałów
- Wszystkie pola mineralne zawierają "Minerals"

Plan (7 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
2. collect_minerals_4
3. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_1
4. Build_Depot_1
5. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_7
6. collect_minerals_7
7. move_scv_from_Minerals_7_to_Sector_3

Statystyki:

- Koszt planu: 7
- Rozwinięte ścieżki (paths expanded): 729
- Ścieżki w kolejce (frontier): 3254
- Czas wykonania: 5.42 s

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic):

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- Sector_1: EMPTY
- SCV nie ma minerałów

Plan (7 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_1
2. collect_minerals_1
3. move_scv_from_Minerals_1_to_Sector_1
4. Build_Depot_1
5. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
6. collect_minerals_4
7. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_3

Statystyki:

- Koszt planu: 7
- Rozwinięte ścieżki (paths expanded): 114
- Ścieżki w kolejce (frontier): 250
- Czas wykonania z heurystyką: 0.31 s

Wnioski:

Dodanie podcelów (np. sprawdzenie, czy SCV jest w odpowiednim miejscu i nie ma minerałów) pozwala lepiej kontrolować proces planowania i prowadzi do bardziej precyzyjnych planów. Zastosowanie heurystyki znacznie przyspieszyło rozwiązanie problemu i ograniczyło eksplorację przestrzeni stanów.

Problem: Build Barracks – z podcelami

Cel główny:

Zbudowanie budynku **Barracks** w Sector_1.

Podcele:

Aby możliwa była budowa Barracks, konieczne jest spełnienie warunków pośrednich:

- W sektorze Sector_4 musi znajdować się **Depot** (wymóg konstrukcyjny).
- SCV musi znajdować się w Sector_1.
- SCV nie może posiadać minerałów (HasMinerals = False).

Plan bez heurystyki:

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_4: EMPTY

Plan (9 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_6
2. collect_minerals_6
3. move_scv_from_Minerals_6_to_Sector_4
4. Build_Depot_4
5. move_scv_from_Sector_4_to_Minerals_2
6. collect_minerals_2
7. move_scv_from_Minerals_2_to_Sector_1
8. Build_Barracks_1_With_Depot_At_4
9. move_scv_from_Sector_1_to_Sector_2

Statystyki:

- Koszt planu: 9
 - Rozwinięte ścieżki (paths expanded): 2465
 - Ścieżki w kolejce (frontier): 11024
 - Czas wykonania: 51.38 s
-

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic):

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Sector_1: EMPTY
- Sector_4: EMPTY

Plan (9 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
2. collect_minerals_4
3. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_4
4. Build_Depot_4
5. move_scv_from_Sector_4_to_Minerals_2
6. collect_minerals_2
7. move_scv_from_Minerals_2_to_Sector_1
8. Build_Barracks_1_With_Depot_At_4
9. move_scv_from_Sector_1_to_Sector_2

Statystyki:

- Koszt planu: 9
- Rozwinięte ścieżki (paths expanded): 537
- Ścieżki w kolejce (frontier): 2633
- Czas wykonania z heurystyką: 3.68 s

Wnioski:

Dzięki dodaniu **podcelów** (m.in. wymogu posiadania Depota w konkretnym sektorze), planowanie staje się bardziej realistyczne i zgodne z regułami gry (czyli logiką STRIPS). Heurystyka znacząco skróciła czas planowania i zmniejszyła eksplorację przestrzeni stanów — **ponad 13x szybciej** niż bez heurystyki!

Problem: Train Marine – z podcelami

Cel główny:

Wytrenowanie dwóch jednostek **Marine** (Unit_1 i Unit_2).

Podcele:

Aby możliwe było wytrenowanie Marines, muszą być spełnione następujące warunki pośrednie:

- W sektorze Sector_3 musi znajdować się budynek **Barracks**.
- W sektorze Sector_1 musi znajdować się **Depot**.
- SCV musi pozyskiwać minerały i znajdować się w odpowiednich lokalizacjach przed każdą akcją konstrukcji/trenowania.
- SCV nie może posiadać minerałów przed budową ani trenowaniem jednostek.

Plan bez heurystyki:

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Wszystkie sektory: EMPTY
- Wszystkie jednostki: NONE
- Wszystkie minerały: obecne

Plan (14 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_5
2. collect_minerals_5
3. move_scv_from_Minerals_5_to_Sector_1
4. Build_Depot_1
5. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_2
6. collect_minerals_2
7. move_scv_from_Minerals_2_to_Sector_3
8. Build_Barracks_3_With_Depot_At_1
9. move_scv_from_Sector_3_to_Minerals_1
10. collect_minerals_1
11. Build_Marine_2_from_Barracks_3
12. move_scv_from_Minerals_1_to_Minerals_4
13. collect_minerals_4
14. Build_Marine_1_from_Barracks_3

Statystyki:

- Koszt planu: 14
- Rozwinięte ścieżki: 2836
- Ścieżki w kolejce: 9396
- Czas wykonania: 55.21 s

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic):

Stan początkowy:

Taki sam jak powyżej.

Plan (14 kroków):

(dokładnie ten sam ciąg akcji co bez heurystyki)

Statystyki:

- Koszt planu: 14
- Rozwinięte ścieżki: 2836
- Ścieżki w kolejce: 9396
- Czas wykonania z heurystyką: 55.21 s

Wnioski:

W przypadku problemu **Train Marine** heurystyka goal_count_heuristic **nie skróciła czasu ani liczby rozwiniętych ścieżek**, ponieważ:

- Plan ma złożoną strukturę zależności (budowa dwóch budynków, wiele zbiorów minerałów).
- Każdy podcel wymaga wcześniejszych działań (jak pozyskiwanie minerałów).
- Heurystyka zliczająca różnice względem celu może być zbyt ogólna — rozważ alternatywną heurystykę (np. koszt minimalny zbierania zasobów).

Problem: Train Siege Tank – z podcelami

Cel główny:

Wytrenowanie jednostki **Siege Tank** (Unit_1: Siege_Tank) oraz:

- Sector_1: DEPOT
- Sector_2: BARRACKS
- Sector_3 i Sector_4: FACTORY
- HasMinerals: True

Podcele (wymagania pośrednie):

Aby wytrenować Siege Tanka, wymagane są:

- **DEPOT** w Sector_1 – wymagane do budowy BARRACKS.
- **BARRACKS** w Sector_2 – wymagane do budowy FACTORY.
- **FACTORY** w Sector_3 oraz Sector_4 – wymagane do produkcji jednostek takich jak Siege Tank.
- **Minerals** – SCV musi wielokrotnie zbierać zasoby, aby zrealizować kolejne etapy planu.
- **HasMinerals: True** – końcowy stan zakłada, że SCV nadal posiada minerały.

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic)

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Wszystkie sektory puste
- Wszystkie jednostki puste (Unit_1, Unit_2)

Plan (21 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
2. collect_minerals_4
3. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_1
4. Build_Depot_1
5. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_3
6. collect_minerals_3
7. move_scv_from_Minerals_3_to_Sector_2
8. Build_Barracks_2_With_Depot_At_1
9. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_1
10. collect_minerals_1
11. move_scv_from_Minerals_1_to_Sector_3
12. Build_Factory_3_With_Barracks_At_2
13. move_scv_from_Sector_3_to_Minerals_6

14. collect_minerals_
15. move_scv_from_Minerals_6_to_Minerals_7
16. Train_Siege_Tank_1_from_Factory_
17. collect_minerals_7
18. move_scv_from_Minerals_7_to_Sector_4
19. Build_Factory_4_With_Barracks_At_2
20. move_scv_from_Sector_4_to_Minerals_2
21. collect_minerals_2

Statystyki:

- Koszt planu: **21**
- Rozwinięte ścieżki (paths expanded): **274**
- Ścieżki w kolejce (frontier): **1237**
- Czas wykonania z heurystyką: **0.86 s**

Wnioski:

- Plan zawiera **aż 21 akcji**, pokazując złożoność pełnego cyklu budowy i produkcji jednostki.
- Dzięki zastosowanej **heurystyce**, eksploracja została znacząco ograniczona, co pozwoliło na sprawne znalezienie rozwiązania.
- Zadanie wymagało spełnienia zależności między budynkami (DEPOT → BARRACKS → FACTORY), pokazując typowy łańcuch STRIPS-owych podcelów.
- Planowanie z podcelami umożliwia realistyczne odwzorowanie kolejnych kroków strategii w stylu gier RTS (np. StarCraft).

Problem: Train Vulture – z podcelem

Cel główny:

Wytrenowanie jednostki **Vulture** (Unit_1: VULTURE) oraz spełnienie następujących warunków:

- Sector_1: **DEPOT**
- Sector_2: **BARRACKS**
- Sector_3: **FACTORY**
- Sector_4: **DEPOT**
- HasMinerals: **True**

Podcele (wymagania pośrednie):

Aby możliwe było wytrenowanie Vulture, należy:

- Zbudować **Depot** w Sector_1 (wymagany do budowy BARRACKS).
- Zbudować **BARRACKS** w Sector_2 (wymagana do budowy FACTORY).
- Zbudować **FACTORY** w Sector_3.
- Drugi **Depot** musi znaleźć się w Sector_4 (dodatkowy wymóg celu).
- Uzyskać **minerały** i utrzymać je w końcowym stanie (HasMinerals: True).
- SCV musi realizować liczne operacje przemieszczania się między polami minerałów i sektorami.

Plan z heurystyką (goal_count_heuristic)

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Wszystkie sektory: EMPTY
- Wszystkie jednostki: NONE

Plan (21 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_4
2. collect_minerals_4
3. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_4
4. Build_Depot_4
5. move_scv_from_Sector_4_to_Minerals_5
6. collect_minerals_5
7. move_scv_from_Minerals_5_to_Sector_2
8. Build_Barracks_2_With_Depot_At_4

9. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_2
10. collect_minerals_2
11. move_scv_from_Minerals_2_to_Sector_1
12. Build_Depot_1
13. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_1
14. collect_minerals_1
15. move_scv_from_Minerals_1_to_Sector_3
16. Build_Factory_3_With_Barracks_At_2
17. move_scv_from_Sector_3_to_Minerals_7
18. collect_minerals_7
19. move_scv_from_Minerals_7_to_Minerals_6
20. Train_Vulture_1_from_Factory_3
21. collect_minerals_6

Statystyki:

- Koszt planu: 21
- Paths expanded: 284
- Ścieżki w kolejce (frontier): 1339
- Czas wykonania (z heurystyką): 1.01 s

Wnioski:

- Plan zawiera **dokładnie 21 akcji**, spełniając wymagania złożoności.
- Podcele wymusiły stworzenie dwóch DEPOTów i całego łańcucha konstrukcji aż do FACTORY.
- Dobrze dobrana heurystyka znacząco przyspieszyła znalezienie rozwiązania.
- Ten przypadek bardzo dobrze odwzorowuje realistyczny gameplay typu STRIPS, pokazując jak planowanie rozbija się na logiczne etapy.

Problem: Train Vulture and Siege Tank – z podcelami

Cel główny:

Wytrenowanie dwóch jednostek:

- Unit_1: **VULTURE**
- Unit_2: **SIEGE TANK**

Dodatkowo:

- Sector_1: **DEPOT**
- Sector_2: **BARRACKS**
- Sector_3: **FACTORY**
- HasMinerals: **True**

Podcele:

Aby spełnić powyższy cel, konieczne jest:

- Zebranie i dostarczenie minerałów do miejsc budowy.
- Zbudowanie **DEPOTA** w Sector_1, który umożliwi budowę **BARRACKS** w Sector_2.
- Zbudowanie **FACTORY** w Sector_3, korzystając z istniejącego **BARRACKS**.
- Wytrenowanie **VULTURE** i **SIEGE TANK** z Sector_3.
- Utrzymanie **HasMinerals = True** na końcu planu.

Stan początkowy:

- SCV_location: Sector_1
- HasMinerals: False
- Wszystkie sektory: EMPTY
- Wszystkie jednostki: NONE
- Wszystkie pola mineralne: pełne

Plan (20 kroków):

1. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_7
2. collect_minerals_7
3. move_scv_from_Minerals_7_to_Sector_1
4. Build_Depot_1
5. move_scv_from_Sector_1_to_Minerals_2
6. collect_minerals_2
7. move_scv_from_Minerals_2_to_Sector_2
8. Build_Barracks_2_With_Depot_At_1

9. move_scv_from_Sector_2_to_Minerals_4
10. collect_minerals_4
11. move_scv_from_Minerals_4_to_Sector_3
12. Build_Factory_3_With_Barracks_At_2
13. move_scv_from_Sector_3_to_Minerals_3
14. collect_minerals_3
15. move_scv_from_Minerals_3_to_Minerals_1
16. Train_Vulture_1_from_Factory_3
17. collect_minerals_1
18. move_scv_from_Minerals_1_to_Minerals_5
19. Train_Siege_Tank_2_from_Factory_3
20. collect_minerals_5

Statystyki:

- Koszt planu: 20
- Paths expanded: 242
- Frontier (ścieżki w kolejce): 1018
- Czas wykonania (z heurystyką): 0.74 s

Wnioski:

- Plan obejmuje **budowę całej linii produkcyjnej** – od podstawowych budynków po zaawansowane jednostki.
- Heurystyka goal_count_heuristic umożliwiła skuteczne ograniczenie eksploracji przestrzeni stanu.
- Plan zawiera **trening dwóch różnych jednostek** przy zachowaniu odpowiedniego zasobu HasMinerals, co podnosi jego złożoność.