Sztuczna inteligencja i inżynieria wiedzy laboratorium

Sprawozdanie 2

Problem spełniania ograniczeń

Arkadiusz Marcinowski

228160

W8, Informatyka

1. Wstęp

Celem zadanie było zapoznanie się z podstawowymi algorytmami stosowanymi do rozwiązywania problemów spełniania ograniczeń (ang. Constraint Satisfaction Problem, CSP), poprzez własnoręczną implementację i zbadanie ich właściwości.

Problem N-hetmanów oraz kwadratu łacińskiego zdefiniowano jako problem CSP i rozwiązano wykorzystując algorytmy sprawdzenia w przód oraz przeszukiwania przyrostowego z powracaniem dla różnych wartości N, gdzie N definiuje wielkość wybranego problemu.

2. Podejście do problemu

2.1. Przeszukiwanie przyrostowe

- przeszukiwanie w głąb, każdy krok to ustalenie wartości jednej zmiennej
- kolejność przypisywania zmiennych jest ustalona
- jeśli ustalenie kolejnej zmiennej jest niewykonalne bez łamania więzów następuje powrót, tzn. cofnięcie niektórych przypisań

2.2. Przeszukiwanie w przód

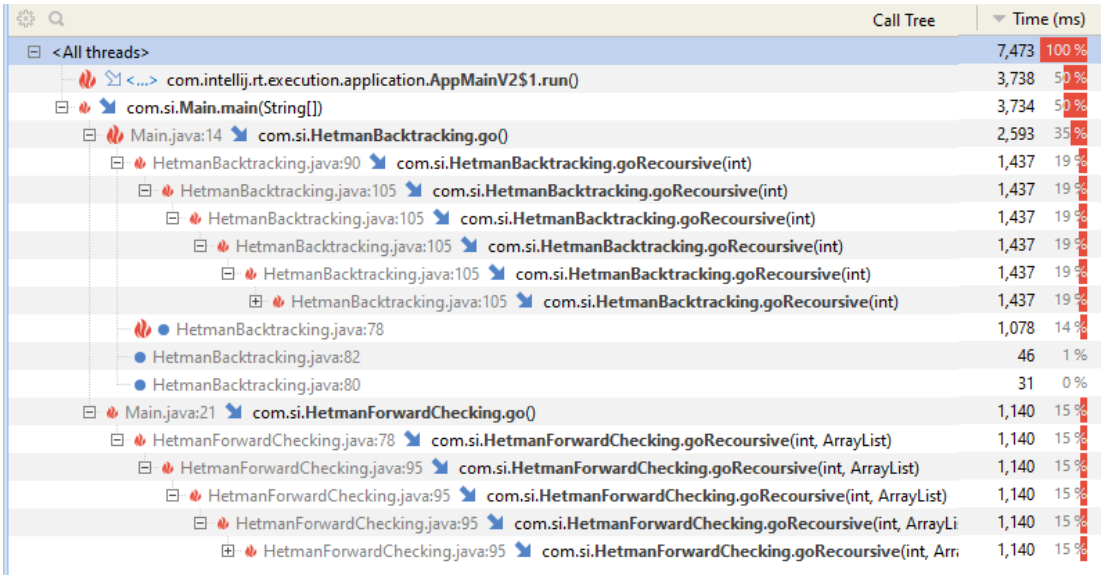
Nadając wartość pewnej zmiennej usuwamy z dziedziny każdej nieokreślonej jeszcze zmiennej te wartości, które są sprzeczne z wartościami zmiennych już określonych. Jeśli w wyniku usunięcia któraś z dziedzin stanie się pusta, wykonujemy nawrót.

3 Test działania

Przeprowadzono test działania programu dla problemu N-hetmanów, z użyciem oprogramowania *YourKit Java Profiler.*

Wyniki pokazały, że najbardziej kosztowną metodą jest goRecoursive(). Poniższy screen przedstawia wyniki przed i po optymalizacji.

PRZED:



Method	Time (ms)	Own Time (ms)
com.intellij.rt.execution.application.**AppMainV2$1.run()** AppMainV2.java	3,738 50 %	3,738
com.si.**Main.main**(String[]) Main.java	3,734 50 %	0
com.si.**HetmanBacktracking.go()** HetmanBacktracking.java	2,593 35 %	1,156
com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int) HetmanBacktracking.java	1,437 19 %	1,437
com.si.**HetmanForwardChecking.go()** HetmanForwardChecking.java	1,140 15 %	0
com.si.**HetmanForwardChecking.goRecoursive**(int, ArrayList) HetmanForwardChecking.java	1,140 15 %	31
com.si.**HetmanForwardChecking.getDomain**(int) HetmanForwardChecking.java	1,109 15 %	1,046
com.si.**HetmanForwardChecking.isSafe**(int, int) HetmanForwardChecking.java	31 0 %	31

PO OPTYMALIZACJI:

Call Tree	Time (ms)
<All threads>	3,358 100 %
<...> com.intellij.rt.execution.application.**AppMainV2$1.run()**	1,702 51 %
com.si.**Main.main**(String[])	1,656 49 %
Main.java:14 com.si.**HetmanBacktracking.go()**	1,046 31 %
HetmanBacktracking.java:65 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,046 31 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,046 31 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,046 31 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,046 31 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,046 31 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,015 30 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	1,015 30 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	984 29 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	843 25 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	609 18 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	421 13 %
HetmanBacktracking.java:80 com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int)	234 7 %
HetmanBacktracking.java:74	187 6 %
HetmanBacktracking.java:74	187 6 %
HetmanBacktracking.java:74	234 7 %
HetmanBacktracking.java:74	140 4 %
HetmanBacktracking.java:74	31 1 %
HetmanBacktracking.java:74	31 1 %
Main.java:21 com.si.**HetmanForwardChecking.go()**	609 18 %
HetmanForwardChecking.java:78 com.si.**HetmanForwardChecking.goRecoursive**(int, ArrayList)	609 18 %
HetmanForwardChecking.java:95 com.si.**HetmanForwardChecking.goRecoursive**(int, ArrayList)	609 18 %
HetmanForwardChecking.java:95 com.si.**HetmanForwardChecking.goRecoursive**(int, ArrayList)	609 18 %

Method	Time (ms)	Own Time (ms)
com.intellij.rt.execution.application.**AppMainV2$1.run()** AppMainV2.java	1,702 51 %	1,702
com.si.**Main.main**(String[]) Main.java	1,656 49 %	0
com.si.**HetmanBacktracking.go()** HetmanBacktracking.java	1,046 31 %	0
com.si.**HetmanBacktracking.goRecoursive**(int) HetmanBacktracking.java	1,046 31 %	1,046
com.si.**HetmanForwardChecking.go()** HetmanForwardChecking.java	609 18 %	0
com.si.**HetmanForwardChecking.goRecoursive**(int, ArrayList) HetmanForwardChecking.java	609 18 %	93
com.si.**HetmanForwardChecking.getDomain**(int) HetmanForwardChecking.java	515 15 %	515

4. Badania

4.1 N-Hetmanów

Zależność czasu (nano s) pracy algorytmu od wielkości problemu, dla N-Hetmanów.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BT	8033	3570	5355	15172	57120	153062	413224	2845712	2173666	10025369	32850867	149391208
FC	16511	7139	13834	70953	164665	262393	1100889	2072368	3302223	1631878	32604539	159431304

N	13	14	15	16
BT	916615758	798069985	31401111600	2,26001E+11
FC	798069985	4689280495	31234051270	2,01241E+11

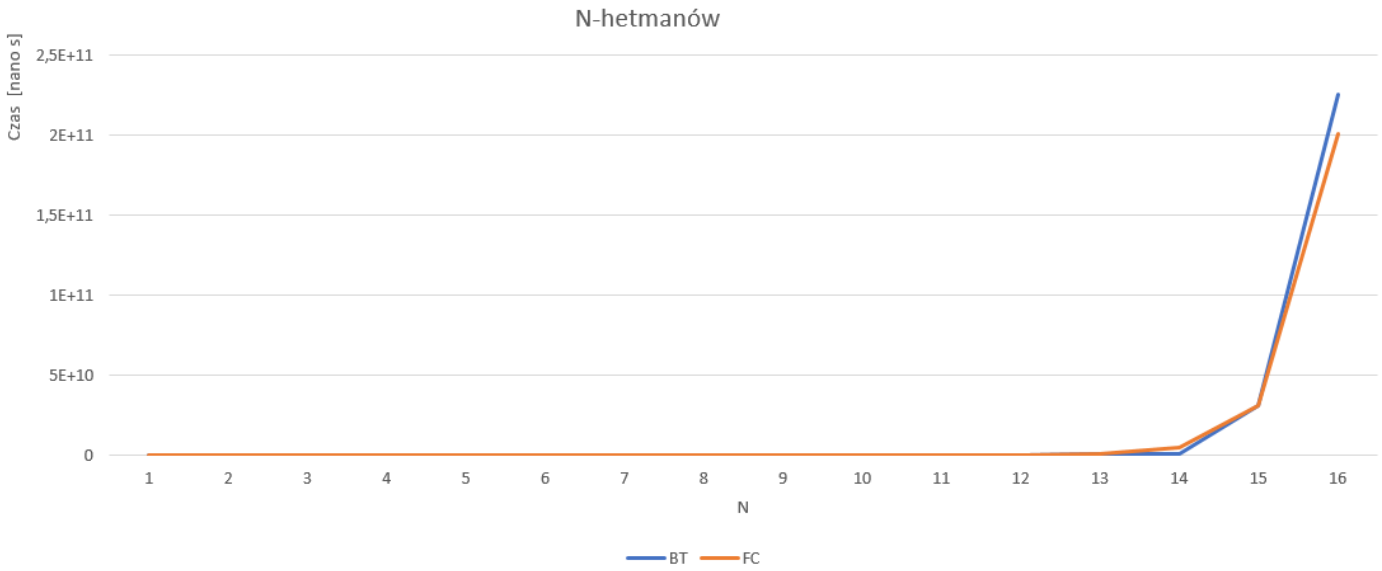
Zauważono, że do N mniejszego od 10, **przeszukiwanie przyrostowe** jest szybszym sposobem na znalezienie wszystkich rozwiązań. Dla N większego od 10, to **sprawdzanie w przód** notuje lepsze czasy.

Zależność liczby odwiedzonych węzłów przez algorytm, od wielkości problemu, dla N-Hetmanów.

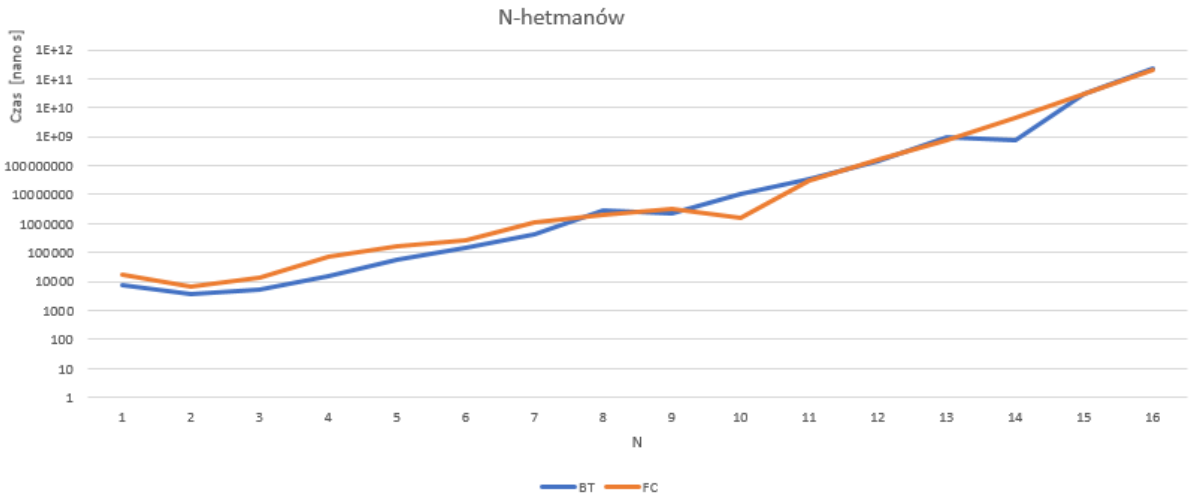
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BT	2	3	6	17	54	153	552	2057	8394	35539	166926	856189	4674890	27358553	171129072	1141190303
FC	2	1	3	13	50	107	398	1413	5810	23489	108530	555659	3031950	17693457	110889484	740447439

Zauważono, że **algorytm sprawdzania w przód** odwiedza dużo więcej węzłów, niż **algorytm przyrostowy**. Różnica jest niemal dwukrotna.

Analizując dwa powyższe zestawienia stwierdzono również, że **algorytm sprawdzania wprzód** spędza więcej czasu w każdym węźle, niż ma to miejsce w przypadku **algorytmu przyrostowego**.



W skali logarytmicznej:



4.2 Kwadrat Łaciński

Zależność czasu (ms) pracy algorytmu od wielkości problemu, dla Kwadratu Łacińskiego.

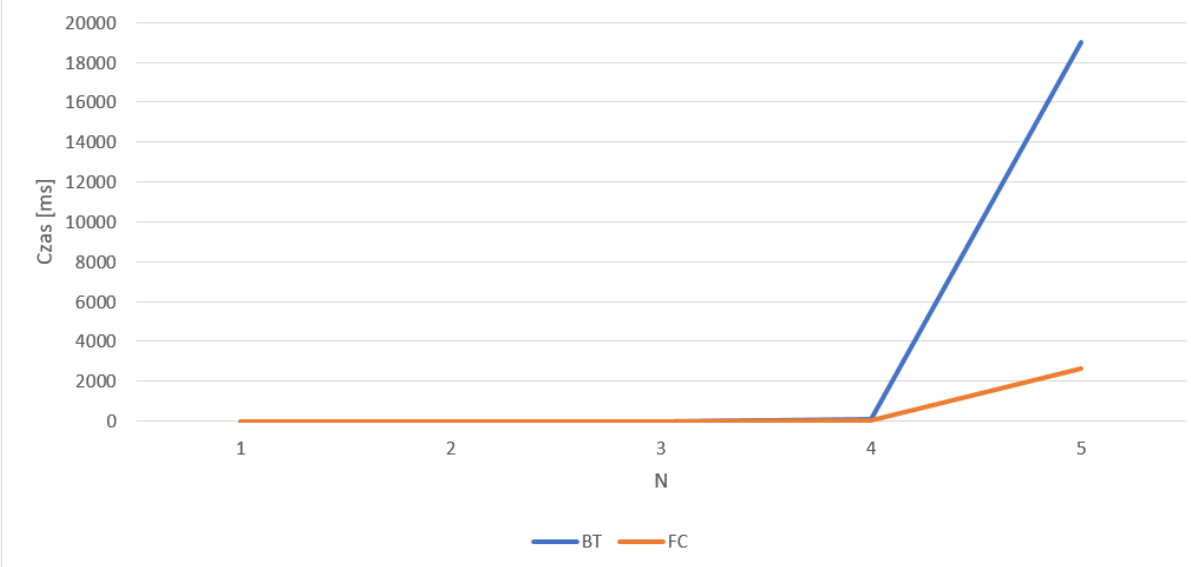
N	1 – 3	4	5
BT	0	85	19019
FC	0	16	2645

Zauważono, że **przeszukiwanie przyrostowe** jest szybszym sposobem na znalezienie wszystkich rozwiązań. **Sprawdzanie w przód** notuje wielokrotnie gorsze czasy.

Zależność liczby odwiedzonych węzłów przez algorytm, od wielkości problemu, dla Kwadratu Łacińskiego.

N	1	2	3	4	5
BT	2	15	247	20421	10764431
FC	2	9	94	5585	2178805

Zauważono, że **algorytm sprawdzania w przód** odwiedza dużo więcej węzłów, niż **algorytm przyrostowy**. Różnica jest nawet kilkukrotna dla badanych danych.



5. Heurystyka

5.1. Punkt startu

Pierwsze podejście to miana punktu startowego algorytmu BT dla N-hetmanów z lewego górnego rogu, na punkt [N/2][N/2], dla znalezienia pierwszego rozwiązania.

Punkt startowy- lewy górny róg

============================== N QUEENS ==============================

BACKTRACKING

n = 13 Wywołań: 112 Rozwiązań: 1 Mediana z 10 uruchomień: 157079.0ns

Punkt startowy- [N/2][N/2]

============================== N QUEENS ==============================

BACKTRACKING

n = 10 Wywołań: 54 Rozwiązań: 1 Mediana z 10 uruchomień: 42393.0ns

Po zmianie algorytm szybciej odnajduje pierwsze rozwiązanie, sprawdza mniej węzłów.

5.2. Kontrola kolumn i wierszy

Zastosowano rozwiązanie, gdzie przy wstawianiu hetmana, zajmowany jest cały wiersz oraz kolumna w którym się znajduje. Pozwoliło to usprawnić sprawdzanie możliwości wstawienia dla kolejnego hetmana oraz znacznie przyspieszyło działanie algorytmu.

```
for (int i = 0; i < column; i++) {
      if (board[row][i]) {
          return false;
      }

  }

ZAMIENIONO NA

if(columnControl[row]){ //column controll
    return false;
}
if(rowControl[column]){ //row controll
    return false;
}
```

iteracje:

============================== N QUEENS ==============================

BACKTRACKING

n = 14 Liczba rozwiązań: 365596 Wywołań rekursywnych: 27358553 Mediana z 10 uruchomień: 8224.0ms

FORWARD CHECKING

n = 14 Liczba rozwiązań: 365596 Wywołań rekursywnych: 17693457 Mediana z 10 uruchomień: 7854.0ms

kontrola kolumn I wierszy:

============================== N QUEENS ==============================

BACKTRACKING

n = 14 Liczba rozwiązań: 365596 Wywołań rekursywnych: 27358553 Mediana z 10 uruchomień: 5294.0ms

FORWARD CHECKING

n = 14 Liczba rozwiązań: 365596 Wywołań rekursywnych: 17693457 Mediana z 10 uruchomień: 4668.0ms

6. Podsumowanie

Algorytm sprawdzania wprzód i sprawdzania przyrostowego są bardzo ciekawymi sposobami rozwiązania przedstawionego zadania. Algorytmy znacznie różnią się od siebie.

Dla N-królowych, algorytm przyrostowy był szybszy jedynie do pewnego momentu. Po przekroczeniu N=10, jego czas rósł bardzo szybko, a algorytm sprawdzania wprzód zachowywał wysoką efektywność, przy nie aż tak rosnącym czasie. (Wykres został przedstawiony w treści zadania.)

Na działanie algorytmów wpływa ich implementacja oraz to jak bardzo panujemy nad kodem. Analizując dane z *profilera*, można było znaleźć miejsce gdzie złożoność działań była wysoka i usprawnić działanie algorytmu zyskując kolejne części sekundy. Poznanie narzędzia jakim jest *profiler* może pozwolić na pisanie bardziej efektywnego kodu w przyszłości.

Dobór odpowiednich heurystyk dla algorytmów może pomóc w optymalizacji działania programu przez ograniczenie węzłów jakie odwiedza algorytm.