Sztuczna Inteligencja i Inżynieria Wiedzy

CSP

Sprawozdanie

Jakub Gładysz

242341

Wrocław, 14.04.2020

Plan badan

1. Badanie porównawcze algorytmu przeszukiwania z nawrotami i algorytmu przeszukiwania z nawrotami ze sprawdzaniem wprzód.
2. Badanie wpływu doboru heurystyk wyboru zmiennej oraz wartości na działanie metod.
3. Badanie porównawcze algorytmu przeszukiwania z nawrotami i algorytmu przeszukiwania z nawrotami ze sprawdzaniem wprzód.

W ramach tego badania przeprowadzono szereg testów działania obu wymienionych metod przeszukiwania dla pięciu wybranych instancji łamigłówki Sudoku. W celu zredukowania wpływu nierozpatrywanych w tym badaniu parametrów na efekty działania metod stosowano jedynie po jednej heurystyce wyboru zmiennej oraz wartości – w obu przypadkach zgodnie z kolejnością definicji. W poniższej tabeli przedstawiono identyfikatory instancji oraz liczbę powtórzeń uruchomienia każdej metody dla danego problemu.

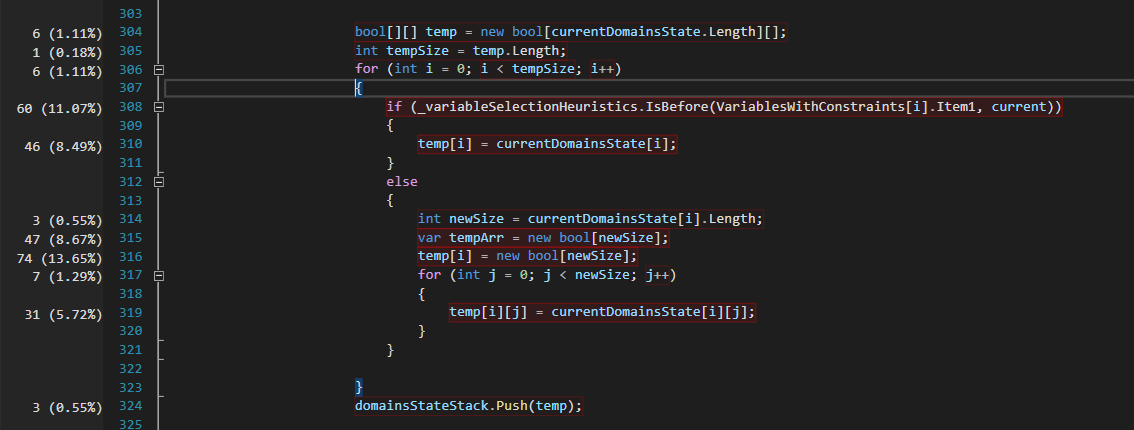
|  |  |
| --- | --- |
| Identyfikator łamigłówki | Liczba uruchomień |
| 9 | 10 |
| 22 | 10 |
| 36 | 10 |
| 43 | 10 |
| 45 | 10 |

Przeprowadzone testy pozwoliły na zebranie danych umieszczonych w poniższej tabeli. Tam gdzie pojawiają się wartości liczbowe podano wartości średnie z uruchomień. Dla podstawowej metody Backtracking przyjęto skrót BT, natomiast dla metody z przeszukiwaniem wprzód Forward Checking – FC. Jeśli dany parametr wykonania nie dotyczy danego testu w tabeli umieszczono znak myślnika „-”.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Id. instancji | Metoda | Liczba węzłów do pierwszego rozwiązania | Liczba nawrotów do pierwszego rozwiązania | Liczba węzłów | Liczba nawrotów | Czy znaleziono rozwiązanie | Liczba rozwiązań | Czas do znalezienia pierwszego rozwiązania [ms] | Całkowity czas działania metody [ms] |
| 9 | BT | 425691 | 425610 | 1572319 | 1572319 | TAK | 1 | 102.7 | 359.8 |
| 9 | FC | 94474 | 79668 | 353668 | 296229 | TAK | 1 | 347 | 1272.6 |
| 22 | BT | 43251 | 43170 | 386548 | 386548 | TAK | 1 | 10.1 | 89.5 |
| 22 | FC | 8939 | 7852 | 82197 | 72428 | TAK | 1 | 32.7 | 285.7 |
| 36 | BT | 137752 | 137671 | 166190 | 166190 | TAK | 1 | 41.6 | 49.9 |
| 36 | FC | 28736 | 25476 | 34681 | 30923 | TAK | 1 | 111 | 134.3 |
| 43 | BT | 226693 | 226612 | 2000549 | 2000463 | TAK | 87 | 53.9 | 462.9 |
| 43 | FC | 57752 | 49773 | 512567 | 447504 | TAK | 87 | 203 | 1779.7 |
| 45 | BT | - | - | 2 | 2 | NIE | 0 | - | <1 |
| 45 | FC | - | - | 2 | 3 | NIE | 0 | - | <1 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Id. instancji | Metoda | Liczba węzłów do pierwszego rozwiązania | Liczba nawrotów do pierwszego rozwiązania | Liczba węzłów | Liczba nawrotów | Czy znaleziono rozwiązanie | Liczba rozwiązań | Czas do znalezienia pierwszego rozwiązania [ms] | Całkowity czas działania metody [ms] |
| 9 | BT | 425691 | 425610 | 1572319 | 1572319 | TAK | 1 | 102.7 | 359.8 |
| 9 | FC | 94474 | 79668 | 353668 | 296229 | TAK | 1 | 411.8 | 1534 |
| 22 | BT | 43251 | 43170 | 386548 | 386548 | TAK | 1 | 10.1 | 89.5 |
| 22 | FC | 8939 | 7852 | 82197 | 72428 | TAK | 1 | 43.6 | 383.4 |
| 36 | BT | 137752 | 137671 | 166190 | 166190 | TAK | 1 | 41.6 | 49.9 |
| 36 | FC | 28736 | 25476 | 34681 | 30923 | TAK | 1 | 132.8 | 160 |
| 43 | BT | 226693 | 226612 | 2000549 | 2000463 | TAK | 87 | 53.9 | 462.9 |
| 43 | FC | 57752 | 49773 | 512567 | 447504 | TAK | 87 | 244.8 | 2175.8 |
| 45 | BT | - | - | 2 | 2 | NIE | 0 | - | <1 |
| 45 | FC | - | - | 2 | 2 | NIE | 0 | - | <1 |

Zgromadzone dane wskazują na poprawne działanie testowanych metod. Po ich analizie można wyciągnąć kilka interesujących wniosków.

* Metoda sprawdzania wprzód pozwala znacznie zredukować liczbę odwiedzonych węzłów drzewa możliwych wartościowań.   
  Jest to pożądane działanie tej metody, które występuje ponieważ sprawdzanie wprzód pozwala algorytmowi na wcześniejsze wykrycie poddrzew, w których nie ma rozwiązań spełniających ograniczenia. Ta cecha sprawdzania w przód może znacznie skrócić czas poszukiwania rozwiązania dla problemów CSP. Kluczowa jest jednak implementacja algorytmu sprawdzania w przód. W przypadku, gdy problemy są dość małe, a implementacja nie działa wystarczająco wydajnie, pomimo mniejszej liczby odwiedzonych węzłów czas wykonania może być dłuższy niż dla podstawowego przeszukiwania z nawrotami. W badanym przypadku wystąpił taki problem.
* Metoda sprawdzania wprzód pozwala zredukować stosunek nawrotów do wszystkich odwiedzonych węzłów.  
  Jest to kolejna cecha związana z informacjami jakie posiada algorytm podczas wykonania. Dzięki globalnemu wykorzystaniu ograniczeń metoda może wcześniej pominąć poddrzewa niezawierające poprawnych rozwiązań, a co za tym idzie uniknąć również części nawrotów.
* Zbyt mała wydajność sprawdzania wprzód może sprawić, że korzyść uzyskana redukcją liczby odwiedzonych węzłów oraz nawrotów zostanie przysłonięta narzutem związanym z implementacją metody. W badanym przypadku wystąpiła właśnie taka sytuacja. Testy przeprowadzone z pomocą narzędzi profilujących wykazały, że kopiowanie informacji o stanie dziedzin przed filtrowaniem zajmowało bardzo dużą część czasu jakiego metoda potrzebowała do zakończenia działania. Poniżej zamieszczono fragmenty wyników działania narzędzia profilującego.  
    
  Można tutaj zaobserwować, że bardzo dużo czasu z całkowitego czasu działania programu zajmuje utrwalanie stanu dziedzin przed każdą próbą odfiltrowania. Niestety w przygotowanej implementacji nie udało się wyeliminować tego problemu.

1. Badanie wpływu doboru heurystyk wyboru zmiennej oraz wartości na działanie metod.  
   W ramach tego porównania wykonano szereg testów z różnym doborem heurystyk wyboru zmiennej oraz wartości. Poniżej podano heurystyki poddane badaniom:  
   Heurystyki wyboru zmiennej:
   1. Zgodnie z kolejnością definicji  
      Za kolejną zmienną uważa się tę, która została utworzona jako następna w kolejności przez program podczas wczytywania instancji problemu Sudoku.
   2. W kolejności losowej – statycznie.  
      Kolejność zmiennych jest mieszana jednokrotnie przed zasadniczym działaniem metod przeszukiwania.
   3. Zmienna najbardziej ograniczona.  
      Kolejność zmiennych jest determinowana przez wielkość ich dziedzin. Pierwsze w kolejności są zmienne o mniejszych dziedzinach.

Heurystyki wyboru wartości:

1. Zgodnie z kolejnością definicji.
2. W kolejności losowej – statycznie.  
   Kolejność wartości z dziedziny jest mieszana kiedy po raz pierwszy dana dziedzina jest przekazywana do heurystyki. Przy kolejnych przekazaniu używane jest ta sama kolejność wartości.

W tabeli poniżej przedstawiono instancje problemów dla jakich przeprowadzono testy oraz liczbę powtórzeń uruchomienia metod.

|  |  |
| --- | --- |
| Identyfikator instancji | Liczba powtórzeń |
| 22 | 10 |
| 36 | 10 |
| 43 | 10 |

W tabeli wyników zastosowano następujące skróty do opisu testowanych heurystyk

Heurystyki wyboru zmiennej:

* Zgodnie z kolejnością definicji – DO
* W kolejności losowej – RO
* Zmienna najbardziej ograniczona – MCV

Heurystyki wyboru wartości:

* Zgodnie z kolejnością definicji – DO
* W kolejności losowej - RO

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Id. instancji | Metoda | Heurystyka wyboru zmiennej | Heurystyka wyboru wartości | Liczba węzłów do pierwszego rozwiązania | Liczba nawrotów do pierwszego rozwiązania | Liczba węzłów | Liczba nawrotów | Czy znaleziono rozwiązanie | Liczba rozwiązań | Czas do znalezienia pierwszego rozwiązania [ms] | Całkowity czas działania metody [ms] |
| 22 | BT | DO | DO | 43251 | 43170 | 386548 | 386548 | TAK | 1 | 10.1 | 89.5 |
| 22 | BT | DO | RO | 202007.9 | 201926.9 | 386548 | 386548 |  | 1 | 58.2 | 98.3 |
| 22 | BT | MCV | DO | 41530 | 41449 | 370813 | 370813 |  | 1 | 11 | 96.9 |
| 22 | BT | MCV | RO | 168438.7 | 168357.7 | 370813 | 370813 |  | 1 | 47.1 | 94.9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | FC | DO | DO | 8939 | 7852 | 82197 | 72428 | TAK | 1 | 32.7 | 285.7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 36 | BT | DO | DO | 137752 | 137671 | 166190 | 166190 | TAK | 1 | 41.6 | 49.9 |
| 36 | BT | DO | RO | 79342.7 | 79261.7 | 166190 | 166190 |  | 1 | 25.5 | 49.4 |
| 36 | BT | MCV | DO | 131405 | 131324 | 158497 | 158497 |  | 1 | 41.9 | 51.3 |
| 36 | BT | MCV | RO | 64387.4 | 64306.4 | 158497 | 158497 |  | 1 | 20.6 | 50.4 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 36 | FC | DO | DO | 28736 | 25476 | 34681 | 30923 | TAK | 1 | 111 | 134.3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 43 | BT | DO | DO | 226693 | 226612 | 2000549 | 2000463 | TAK | 87 | 53.9 | 462.9 |
| 43 | BT | DO | RO | 114994.1 | 114913.1 | 2000549 | 2000463 | TAK | 87 | 29.5 | 438.8 |
| 43 | BT | MCV | DO | 218851 | 218770 | 1925745 | 1925659 |  | 87 | 51 | 437.3 |
| 43 | BT | MCV | RO | 126127.8 | 126046.8 | 1925745 | 1925659 |  | 87 | 26.8 | 406.6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 43 | FC | DO | DO | 57752 | 49773 | 512567 | 447504 | TAK | 87 | 203 | 1779.7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |