Sprawozdanie – CSP

*Parametry returns uwzględniają nawroty po odnalezieniu poprawnego wyniku.*

1. Badanie porównawcze metod rozwiązywania CSP dla Sudoku

Dla obu metod użyto heurystyki doboru wg kolejności dla zmiennych jak i wartości

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nr instancji (trudność) | Parametr | Backtracking | Forward |
| 11 (2.0) | Time to find 1st | 00:00.0200440 | 00:00.1355835 |
| No of nodes to find 1st | 1679 | 469 |
| No of returns to find 1st | 1623 | 413 |
| Total time | 00:00.0294187 | 00:00.2824233 |
| Total nodes | 4157 | 1169 |
| Total returns | 4158 | 1170 |
| No of results | 1 | 1 |
| 21 (4.0) | Time to find 1st | 00:00.0938502 | 00:00.5235118 |
| No of nodes to find 1st | 20101 | 2679 |
| No of returns to find 1st | 20045 | 2623 |
| Total time | 00:00.3064866 | 00:00.6394600 |
| Total nodes | 61619 | 10008 |
| Total returns | 61620 | 10009 |
| No of results | 1 | 1 |
| 36 (7.0) | Time to find 1st | 00:00.0756583 | 00:00.4973476 |
| No of nodes to find 1st | 14622 | 4405 |
| No of returns to find 1st | 14566 | 4349 |
| Total time | 00:00.0912199 | 00:00.5968473 |
| Total nodes | 17608 | 5277 |
| Total returns | 17609 | 5278 |
| No of results | 1 | 1 |
| 42 (8.0) | Time to find 1st | 00:00.5043605 | 00:03.2858069 |
| No of nodes to find 1st | 92529 | 31816 |
| No of returns to find 1st | 92508 | 31795 |
| Total time | 00:00.5304906 | 00:03.4932455 |
| Total nodes | 97235 | 33789 |
| Total returns | 97275 | 33829 |
| No of results | 40 | 40 |
| 45 (9.0) | Time to find 1st | 00:00.00 | 00:00.00 |
| No of nodes to find 1st | 0 | 0 |
| No of returns to find 1st | 0 | 0 |
| Total time | 00:00.0532561 | 00:00.6896714 |
| Total nodes | 10913 | 6531 |
| Total returns | 10913 | 6531 |
| No of results | 0 | 0 |

Można zauważyć, że w każdym przypadku podstawowa metoda z nawrotami radzi sobie lepiej (ze względu na czas wykonania), ale odwiedza znacznie więcej zmiennych. Metoda z sprawdzaniem wprzód traci dużo czasu na zmiany dziedzin. Można się spodziewać, że dla bardziej skomplikowanego problemu role znacznie się odwrócą – ograniczenie odwiedzanych zmiennych stanie się ważniejsze im bardziej rośnie ilość zmiennych i rozmiar ich dziedzin.

1. Badanie porównawcze metod rozwiązywania CSP dla Jolki

Dla obu metod użyto heurystyki doboru wg kolejności dla zmiennych jak i wartości

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nr instancji | Parametr | Backtracking | Forward |
| 1 | Time to find 1st | 00:04.8787939 | 00:00.0239361 |
| No of nodes to find 1st | 1115145 | 35 |
| No of returns to find 1st | 1115128 | 18 |
| Total time | 00:11.5318944 | 00:00.0239361 |
| Total nodes | 2880216 | 35 |
| Total returns | 2880218 | 37 |
| No of results | 2 | 2 |
| 2 | Time to find 1st | *10:00.0+* | 00:00.00 |
| No of nodes to find 1st | - | 32 |
| No of returns to find 1st | - | 0 |
| Total time | *10:00.0+* | 00:00.0009963 |
| Total nodes | - | 32 |
| Total returns | - | 33 |
| No of results | - | 1 |
| 3 | Time to find 1st | *10:00.0+* | 00:00.0478703 |
| No of nodes to find 1st | - | 232 |
| No of returns to find 1st | - | 148 |
| Total time | *10:00.0+* | 00:00.1047206 |
| Total nodes | - | 368 |
| Total returns | - | 369 |
| No of results | - | 1 |
| 4 | Time to find 1st | *10:00.0+* | 00:00.0254461 |
| No of nodes to find 1st | - | 127 |
| No of returns to find 1st | - | 4 |
| Total time | *10:00.0+* | 00:00.0543688 |
| Total nodes | - | 127 |
| Total returns | - | 128 |
| No of results | - | 1 |

Jak przypuszczałem wcześniej role znacznie się odwróciły i to bardzo szybko. Już w pierwszej instancji widać gigantyczną przewagę czasu jak i liczby odwiedzonych zmiennych – podstawowa metoda z nawrotami przestaje tak dobrze działać. Dla następnych instancji podstawowa metoda nawet nie znajduje wyniku w sensownym czasie – po przekroczeniu 10 minut nadal nie zostają odnalezione wszystkie rozwiązania. W przeciwieństwie do metody ze sprawdzaniem wprzód, gdzie czas wyszukiwania wszystkich rozwiązań nie przekracza 0,2s a liczba odwiedzonych węzłów jest mniejsza od 400.

1. Badanie wpływu doboru heurystyk na działanie metody

* Backtracking

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sudoku** | | NodePick/ValuePick | | | |
| Nr | Parametr | Order/Order | DomainSize/Order | Order/Random | DomainSize/Random |
| 21. | Time to find 1st | 00:00.0938502 | 00:00.3870908 | 00:00.2126476 | 00:00.8646945 |
| No of nodes to find 1st | 20101 | 17706 | 25433 | 33597 |
| No of returns to find 1st | 20045 | 17650 | 25377 | 33541 |
| Total time | 00:00.3064866 | 00:01.2776272 | 00:00.5349298 | 00:01.5460168 |
| Total nodes | 61619 | 60051 | 61619 | 60051 |
| Total returns | 61620 | 60052 | 61620 | 60052 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 36. | Time to find 1st | 00:00.0756583 | 00:01.2310580 | 00:00.0668206 | 00:01.6004332 |
| No of nodes to find 1st | 14622 | 81114 | 8686 | 93133 |
| No of returns to find 1st | 14566 | 81058 | 8630 | 93077 |
| Total time | 00:00.0912199 | 00:02.6587520 | 00:00.1277643 | 00:03.0108632 |
| Total nodes | 17608 | 179595 | 17608 | 179595 |
| Total returns | 17609 | 179596 | 17609 | 179596 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 42. | Time to find 1st | 00:00.5043605 | 00:16.5148168 | 00:00.6948487 | 00:18.6136209 |
| No of nodes to find 1st | 92529 | 976732 | 92612 | 978601 |
| No of returns to find 1st | 92508 | 976711 | 92591 | 978580 |
| Total time | 00:00.5304906 | 00:17.4395306 | 00:00.7269680 | 00:19.3848771 |
| Total nodes | 97235 | 1019694 | 97235 | 1019694 |
| Total returns | 97275 | 1019734 | 97275 | 1019734 |
| No of results | 40 | 40 | 40 | 40 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jolka** | | NodePick/ValuePick | | | |
| Nr | Parametr | Order/Order | DomainSize/Order | Order/Random | DomainSize/Random |
| 1. | Time to find 1st | 00:04.7808339 | 00:00.0292100 | 00:13.1098114 | 00:00.0389968 |
| No of nodes to find 1st | 1115145 | 337 | 2146808 | 397 |
| No of returns to find 1st | 1115128 | 320 | 2146791 | 380 |
| Total time | 00:11.1015021 | 00:00.0316047 | 00:172224257 | 00:00.0415922 |
| Total nodes | 2880216 | 507 | 2880216 | 507 |
| Total returns | 2880218 | 509 | 2880218 | 509 |
| No of results | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2. | Time to find 1st | Nie udało się znaleźć rozwiązania  (zbyt długi czas) | 00:05.6126639 | Nie udało się znaleźć rozwiązania  (zbyt długi czas) | 00:12.0849450 |
| No of nodes to find 1st | 499358 | 885322 |
| No of returns to find 1st | 499326 | 885290 |
| Total time | 00:11.9619808 | 00:15.2057082 |
| Total nodes | 1127733 | 1127733 |
| Total returns | 1127734 | 1127734 |
| No of results | 1 | 1 |
| 3. | Nie udało się znaleźć rozwiązania (zbyt długi czas) | | | | |
| 4. | Nie udało się znaleźć rozwiązania (zbyt długi czas) | | | | |

* Forward

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sudoku** | | NodePick/ValuePick | | | |
| Nr | Parametr | Order/Order | DomainSize/Order | Order/Random | DomainSize/Random |
| 21. | Time to find 1st | 00:00.5892431 | 00:00.0768094 | 00:01.1941270 | 00:00.1274580 |
| No of nodes to find 1st | 2679 | 334 | 5880 | 567 |
| No of returns to find 1st | 2623 | 278 | 5824 | 511 |
| Total time | 00:01.8711216 | 00:00.2199202 | 00:02.0729031 | 00:00.2750953 |
| Total nodes | 10008 | 1145 | 10008 | 1145 |
| Total returns | 10009 | 1146 | 10009 | 1146 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 36. | Time to find 1st | 00:00.5539592 | 00:00.0925658 | 00:00.3604835 | 00:00.1416212 |
| No of nodes to find 1st | 4405 | 435 | 2699 | 662 |
| No of returns to find 1st | 4349 | 379 | 2643 | 606 |
| Total time | 00:00.6593903 | 00:00.2744861 | 00:00.6610869 | 00:00.2857670 |
| Total nodes | 5277 | 1300 | 5277 | 1300 |
| Total returns | 5278 | 1301 | 5278 | 1301 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 42. | Time to find 1st | 00:00.5043605 | 00:01.7184870 | 00:03.4312966 | 00:01.7414927 |
| No of nodes to find 1st | 92529 | 11598 | 32140 | 11247 |
| No of returns to find 1st | 92508 | 11577 | 32119 | 11226 |
| Total time | 00:00.5304906 | 00:01.7238591 | 00:03.6249227 | 00:01.7855805 |
| Total nodes | 97235 | 11621 | 33789 | 11621 |
| Total returns | 97275 | 11661 | 33829 | 11661 |
| No of results | 40 | 40 | 40 | 40 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jolka** | | NodePick/ValuePick | | | |
| Nr | Parametr | Order/Order | DomainSize/Order | Order/Random | DomainSize/Random |
| 1. | Time to find 1st | 00:00.0299203 | 00:00.0410921 | 00:00.0221387 | 00:00.0293160 |
| No of nodes to find 1st | 35 | 35 | 35 | 35 |
| No of returns to find 1st | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Total time | 00:00.0305195 | 00:00.0412916 | 00:00.0223357 | 00:00.0293160 |
| Total nodes | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Total returns | 37 | 37 | 37 | 37 |
| No of results | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2. | Time to find 1st | 00:00.0005984 | 00:00.0005985 | 00:00.0011964 | 00:00.0005987 |
| No of nodes to find 1st | 32 | 32 | 32 | 32 |
| No of returns to find 1st | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total time | 00:00.0017947 | 00:00.0009946 | 00:00.0019936 | 00:00.0015961 |
| Total nodes | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Total returns | 33 | 33 | 33 | 33 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3. | Time to find 1st | 00:00.0839052 | 00:00.0048903 | 00:00.0715166 | 00:00.0069810 |
| No of nodes to find 1st | 232 | 84 | 219 | 84 |
| No of returns to find 1st | 148 | 0 | 135 | 0 |
| Total time | 00:00.1527667 | 00:00.0070838 | 00:00.1423286 | 00:00.0093765 |
| Total nodes | 368 | 85 | 368 | 85 |
| Total returns | 369 | 86 | 369 | 86 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4. | Time to find 1st | 00:00.0139626 | 00:00.0275265 | 00:00.0123663 | 00:00.0153591 |
| No of nodes to find 1st | 127 | 123 | 125 | 123 |
| No of returns to find 1st | 4 | 0 | 2 | 0 |
| Total time | 00:00.0301194 | 00:00.0347077 | 00:00.0301194 | 00:00.0243356 |
| Total nodes | 127 | 123 | 127 | 123 |
| Total returns | 128 | 124 | 128 | 124 |
| No of results | 1 | 1 | 1 | 1 |

Z powyższych badań można zauważyć, że dla metody podstawowych nawrotów dla prostego problemu (Sudoku), „brute force” (wybór wg kolejności) działa najlepiej. Bardziej skomplikowane heurystyki zwiększają czas trwania metody a w niektórych przypadkach nawet liczbę odwiedzonych zmiennych (wybór zmiennej wg rozmiaru dziedziny). Dla bardziej skomplikowanego problemu (Jolka) dobranie dobrej heurystyki doboru zmiennej jest kluczowe – z samą heurystyką wyboru wg kolejności udaje się otrzymać wynik tylko z pierwszej Instancji, a z heurystyką bazującą na rozmiarze dziedziny już też i z drugiej.

Metoda ze sprawdzaniem w przód sama dobrze sobie radzi w porównaniu do podstawowej. Dobierając heurystykę wyboru zmiennej wg rozmiaru dziedziny można nieznacznie poprawić wynik metody – liczba odwiedzonych zmiennej się zmniejszy i często też czas wykonania.

Dla obu metod heurystyka wyboru zmiennej ma jedynie wpływ na odnalezienie pierwszego rozwiązania – wyszukując wszystkie rozwiązania i tak przejdzie przez całą przestrzeń rozwiązań. Wybór losowo wartości jak to losowanie ma niespodziewane efekty i czasem wybiera dobrą wartość –pierwsze poprawne rozwiązanie zostaje szybciej znalezione, ale też czasem na odwrót – o wiele wolniejsze niż w przypadku wyboru wg kolejności.