

Dokumentacja Minesweeper

Mirosław Jedynak

Data: 15.01.2006
Przedmiot: Teoria obliczeń i złożoności obliczeniowej
Prowadzący: dr inż. P. Pisarek, dr inż. Paweł Pietras, mgr inż. Gracjan Polak

I. Opis algorytmu

Program składa się z następujących bloków

1. Wstępne skanowanie
2. Podział na obszary autonomiczne
3. Dopasowanie kombinacji
4. Wypełnienie

Opis działania poszczególnych bloków:

1. Wstępne skanowanie

- Oznaczenie pól sąsiadujących z „0” jako pola bez min
- Ustalenie oczywistych ustawień tj takich gdzie liczba możliwych kombinacji jest równa 1 (wartość pola jest równa ilości wolnych pól sąsiadujących)

2. Podział na obszary autonomiczne

Obszar autonomiczny – zbiór takich pól z liczbami, że dowolne ustawienie kombinacji dla wszystkich elementów tego zbioru nie wpłynie (nie zostanie zmieniona wartość) pól należących do innego obszaru autonomicznego

- Wybranie punktów startowych dla algorytmu BFS. Każdy punkt startowy należy do innego obszaru autonomicznego. Problem wyboru punktu startowego opisany w dziale możliwe udoskonalenia.
- Użycie algorytmu BFS (przeszukiwanie grafu w szerz) w celu przydzielenia numerów obszarów autonomicznych każdemu polu z liczbą
- W algorytmie BFS jest zastosowane unikanie „głupich” powiązań, gdzie sąsiednie elementy, mimo że są w odległości mniejszej niż 3 to nie mają na siebie wpływu.
np.:
4 . .
. * .
. . 4

3. Dopasowanie kombinacji

Ustawianie kolejnych dopuszczalnych kombinacji dla kolejnych pól z liczbami (dalej nazywane wyspami). Czy kombinacja jest dopuszczalna jest sprawdzane poprzez porównanie wartości wszystkich pól na które wpływ miało ustawienie tej kombinacji (wartość każdego pola na tablicy musi być nieujemna)

- znalezienie minimum z nieodwiedzanych wysp.

Kryterium wyszukiwania minimum jest ilość możliwych kombinacji dla danej wyspy. Preferowane są wyspy z mniejszą ilością kombinacji. Wyszukiwanie wysp odbywa się tylko w aktualnie przetwarzanym obszarze autonomicznym (patrz pkt. 2)

- ustalenie prawdopodobieństw permutacji.

Ustalenie porządku przeglądania ustawianych permutacji dla aktualnie analizowanej wyspy. Jako kryterium sortowania przyjąłem prawdopodobieństwo wystąpienia miny w danym nieodkrytym polu. Spośród różnych testowanych sposobów liczenia prawdopodobieństwa najefektywniejsze (kompromis pomiędzy szybkością liczenia a dokładnością) okazało się liczenie sumowanie wartości permutacji dla sąsiadów danego nieodkrytego pola

- ustawienie permutacji

Przypisanie nieodkrytym polom wartości *true* albo *false* zgodnie z aktualnie wskazywaną permutacją.

- sprawdzenie permutacji

Sprawdzenie czy żadna ze zmienionych wysp nie ma wartości ujemnej

- powtarzanie powyższych operacji aż do uzyskania poprawnego rozmieszczenia min na planszy

4. Wypełnienie

Ustawienie wymaganej ilości min na pustych polach planszy. Jeśli nie jest określona ilość min krok ten jest pomijany

II. Złożoność czasowa i pamięciowa

1. Złożoność czasowa

Dla optymistycznego przypadku złożoność czasowa jest liniowa względem ilości wysp na planszy – wtedy kiedy ustawienie miny jest dobrze przewidywane (lub oczywiste) i gdy nie jest konieczne testowanie wielu kombinacji.

Przypadek pesymistyczny występuje wtedy gdy na planszy jest tyle obszarów autonomicznych ile wysp (w każdym obszarze autonomicznym jest tylko 1 wyspa) i konieczne jest sprawdzenie wszystkich kombinacji (np. wtedy gdy nie istnieje rozwiązanie). Złożoność może być nawet rzędu 70^n , gdzie n jest ilości wysp (gdy wyspy mają wartość 4, wtedy 70 kombinacji dla każdej).

Złożoność czasowa względem rozmiaru planszy dla przypadku losowego jest również wykładnicza (ilość kombinacji koniecznych do sprawdzenia rośnie wykładniczo względem ilości wysp na planszy).

2. Złożoność pamięciowa

Ilość wykorzystywanej pamięci jest proporcjonalna do ilości pól na planszy, więc występuje kwadratowa złożoność pamięciowa względem rozmiaru planszy (dla plansz gdzie wysokość = szerokość).

Dodatkowo pamięć potrzebna na ustawienie kombinacji dla wszystkich wysp jest liniowo proporcjonalna do ich ilości.

Stopień wypełnienia planszy nie jest wpływa na ilość wykorzystywanej pamięci.

III. Analiza algorytmu

Dla plansz rzadkich zastosowanie algorytmu BFS w celu odnalezienia obszarów autonomicznych redukuje ilość koniecznych sprawdzeń.

Dzięki zastosowaniu wstępnego skanowania silnie wypełnione plansze zredukowane są do znacznie prostszych. Unikanie „głupich” powiązań umożliwia podział na obszary autonomiczne nawet gęstej planszy

Najtrudniejszy jest przypadek gdzie występuje jeden obszar autonomiczny do którego należą wszystkie wierzchołki – duża liczba kombinacji do sprawdzenia. Sytuacjom takim zapobiega częściowo wybieranie do analizy wysp które mają najmniejszą ilość dopuszczalnych kombinacji oraz ustalenie kolejności sprawdzanych kombinacji .

IV. Możliwości udoskonalenia

1. Wybór punktu startowego

Problem wyboru dotyczy wyznaczenia punktu od którego przeszukiwania planszy będzie rozpoczął przeszukiwanie algorytm BFS. Rozważałem następujące warianty:

- Szukanie pierwszego nieodwiedzanego pola kolejnymi wierszami
- Szukanie pola z najmniejszą ilością kombinacji
- Szukanie pola z najmniejszą sumą ilości kombinacji w danym polu (z wagą 2) i ilości kombinacji pól sąsiadujących (z wagą 1)

Najlepsze wyniki przyniosła druga metoda

2. Obliczanie prawdopodobieństwa

Znalezienie bardziej efektywnego sposobu wyznaczania prawdopodobieństwa ustawienia miny na danym polu. Testy przeprowadzane były dla różnych wariantów

- Suma wartości (ilości min do ustawienia) sąsiadujących wysp
- Suma ilości dostępnych kombinacji dla wszystkich sąsiadujących wysp
- Iloczyn wartości prawdopodobieństwa dla sąsiadujących wysp, gdzie prawdopodobieństwo dla danej wyspy wynikało z wartości oraz ilości min do ustawienia

Najszybsza okazała się metoda pierwsza, najwolniejsza trzecia. Skuteczność wyznaczania prawdopodobieństwa była odwrotnie proporcjonalna do szybkości. Najefektywniejszym rozwiązaniem okazał się wybór drugiego sposobu obliczania prawdopodobieństwa.