Teoria automatów i obliczeń - projekt

TETRIS - ścieżka podstawowa

Palina Hrynko, Piotr Kośkiewicz, Tomasz Kostowski

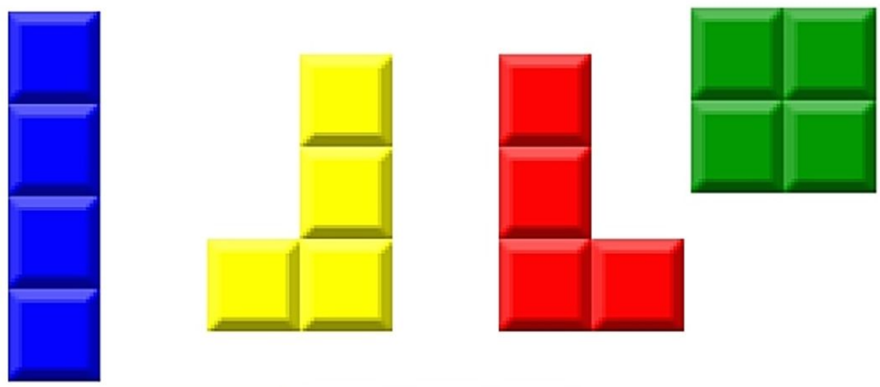
Znajdowanie najmniejszego kwadratu, mieszczącego określoną listę klocków

Opis zadania

Celem programu jest znalezienie najmniejszego kwadratu, który pomieści otrzymaną listę klocków i zwrócenie możliwych rozłożeń klocków. Klocek rozumiemy jako zbiór połączonych ze sobą kwadratów o polu 1. Klocki nie mogą na siebie nachodzić.
Parametrem programu jest lista obiektów reprezentujących klocki o tym samym polu.

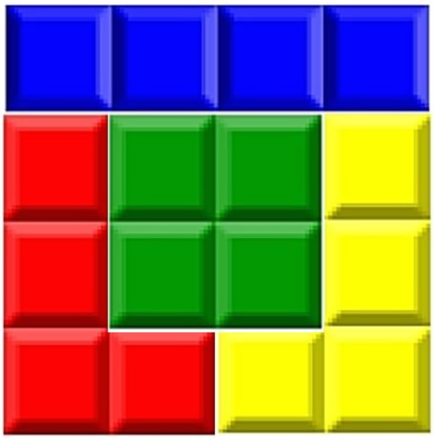
Przykład:

Dane wejściowe:



Najmniejszy kwadrat, który zmieści dany zbiór klocków ma bok równy 4.

Przykładowe ułożenie:

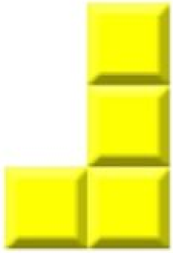


Każda komórka kwadratu będzie identyfikowane przez parę z indeksem wierszu i kolumny. Kwadrat o boku 4 reprezentujemy w następujący sposób:

0,0	0,1	0,2	0,3
1,0	1,1	1,2	1,3
2,0	2,1	2,2	2,3
3,0	3,1	3,2	3,3

Dla każdego klocka generujemy listę współrzędnych kwadratu, w których możemy umieścić dany klocek, zakładając że kwadrat jest pusty. W celu ustalenia współrzędnych, klocek wpisujemy w najmniejszy możliwy prostokąt. Następnie dla każdego pola kwadratu, sprawdzamy czy prostokąt z wpisanym klockiem może zostać wycięty do kwadratu, tak aby klocek w całości należał do kwadratu. Wycinanie do kwadratu polega na przeniesieniu elementów prostokąta, w ten sposób, że lewy górny element prostokąta odpowiada wybranemu polu kwadratu.

Weźmy następujący klocek:



Punkty kwadratu o boku 4, w które możemy wpisać dany klocek to: (0,0), (1,0), (0,1), (1,1), (0,2), (1,2).
Klocek można obracać, więc podobną listę generujemy dla każdej możliwej pozycji klocka.

Algorytm dokładny

Opis algorytmu

Pierwszym krokiem jest znalezienie wymiarów najmniejszego kwadratu, który mógłby potencjalnie być rozwiązaniem. W tym celu, sprawdzamy pole dowolnego klocka z listy (n), a następnie mnożymy je przez ilość elementów na liście (k). Wystarczy sprawdzić tylko jeden klocek, bo wszystkie muszą mieć równe pole.
Pierwszym rozważanym przez nas kwadratem będzie kwadrat o boku:

$$a = \sqrt{n * k}$$

Otrzymaną wartość należy zaokrąglić w górę.

Aby sprawdzić, czy klocki zmieszczą się w wyznaczonym kwadracie, wykorzystamy algorytm z nawrotami.
Działamy po kolei na klockach wejściowej listy. Dla przetwarzanego klocka, iterujemy po liście możliwych ułożeń klocka w pustym kwadracie, sprawdzając, czy dane ułożenie można umieścić w częściowo wypełnionym(lub nie) kwadracie, tak aby klocki na siebie nie nachodziły. Ruchem nazywamy położenie klocka w kwadracie. Jeśli żaden ruch nie może zostać wykonany, to wykonujemy podobne sprawdzenie dla tego samego klocka, ale obróconego o 90, 180 i 270 stopni (jeśli klocek będzie się różnił).

1. Jeśli udało nam się wykonać ruch, przechodzimy do kolejnego klocka z wejściowej listy
2. Jeśli nie udało się wykonać ruchu, wracamy do poprzedniego klocka i próbujemy wykonać inny ruch.

Jeśli uda nam się umieścić ostatni klocek w kwadracie, oznacza to że znaleźliśmy rozwiązanie. W tej sytuacji sprawdzamy wszystkie możliwe ułożenia, zapisując rozwiązania, a następnie zwracamy wynik. W przeciwnym wypadku, zwiększamy długość boku kwadratu o jeden i ponawiamy algorytm. Czynność powtarzamy aż do znalezienia rozwiązania.

Dowód poprawności

Jako że w wynikowym kwadracie, klocki nie mogą na siebie nachodzić, najmniejszy kwadrat, który mógłby być rozwiązaniem ma pole równe sumie pól danych klocków. Dlatego nie rozważamy mniejszych kwadratów.
Przedstawiony algorytm sprawdza wszystkie możliwe ułożenia klocków w kwadracie określonego rozmiaru, a zatem jeśli rozwiązanie istnieje, to zostanie znalezione. W przypadku braku rozwiązania, pole wynikowego kwadratu jest zwiększane. Algorytm rozpoczynamy dla kwadratu minimalnej wielkości, stopniowo go zwiększając, dlatego znalezione rozwiązania będą optymalne. Skoro lista i klocki w niej zawarte są skończonego rozmiaru, to algorytm zawsze zakończy się, zwracając wynik.

Analiza złożoności

Długość boku pierwszego rozważanego kwadratu jest równa $a = \sqrt{n * k}$ zaokrąglone w górę, gdzie n oznacza liczbę klocków, a k wielkość pojedynczego klocka. Zatem jego pole jest równe a^2 . Pierwszy klocek z listy możemy ustawić na maksymalnie $4a^2$ sposobów, ponieważ dla każdej komórki kwadratu, w najgorszym wypadku mamy 4 różne ustawienia po obrotach. Następny klocek można ustawić na $4(a^2 - k)$ sposobów, bo k pól zostało zajęte przez pierwszy klocek.
Zatem klocki w kwadracie o takim boku możemy ustawić na

$$(4a^2)4(a^2 - k)4(a^2 - 2k)...4(a^2 - nk)$$

sposobów.
Jako że musimy niedeterministycznie sprawdzić wszystkie możliwe ustawienia klocków, złożoność rozwiązania będzie co najmniej wykładnicza.

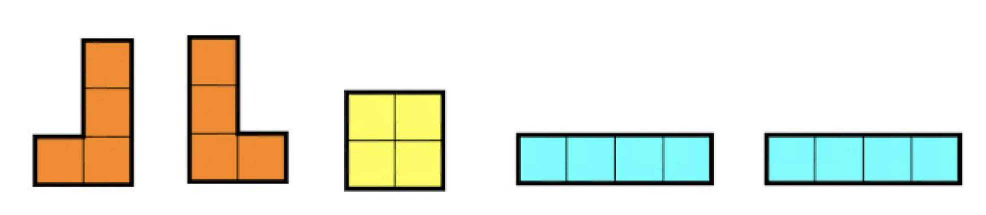
Algorytm heurystyczny

Opis algorytmu

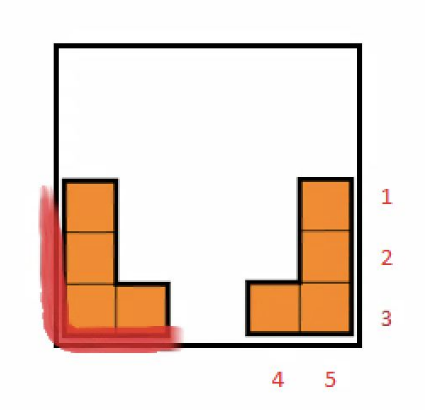
Algorytm heurystyczny będzie najbardziej zbliżony do prawdziwej gry w tetris. Jeżeli w dokładnym rozwiązaniu kolejność klocków nie miała znaczenia, to ten algorytm będzie ją uwzględniać, czyli będzie symulować decyzję gracza przy kolejnie pojawiającym się klocku. Porządek klocków jest określony w tej kolejności w jakiej one są podane do algorytmu. Jak w poprzednim rozwiązaniu na początku wyznaczamy rozmiar boku potencjalnego najmniejszego kwadratu. Dalej biorąc każdy kolejny klocek z listy próbujemy go ustawić w kwadracie tak, aby zminimalizować ilość dziur. Przy próbach ustawienia możemy obracać klocek kolejno o 90, 180 i 270 stopni tak, aby uzyskać najlepszy wynik. Przyjęliśmy założenie, że najbardziej korzystnym ustawieniem będzie takie, w którym długość stykających się powierzchni między ustawionym klockiem i klockami już ustawionymi lub krawędziami kwadratu będzie maksymalna. Jeżeli w pewnym momencie nie można będzie ustawić klocek na żaden sposób, to zwiększamy o jeden bok kwadratu i wykonujemy algorytm ponownie, aż do skutku.

Rozważmy przykład:

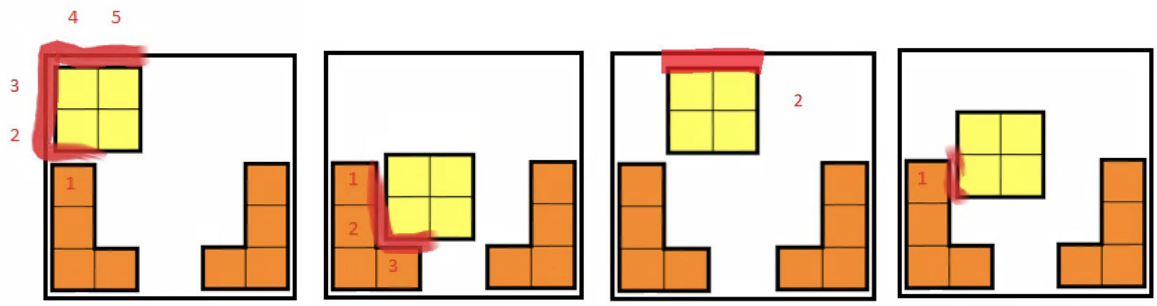
Dane wejściowe - 5 klocków o rozmiarze 4. Najmniejszy kwadrat w który możemy ułożyć klocki ma bok 5.



Przy wstawieniu pierwszych dwóch klocków najkorzystniejsze ustawienie będzie po bokach, wtedy długość stykających się powierzchni równa się 5.

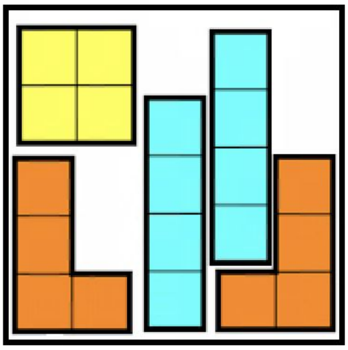


Rozważmy wszystkie możliwości ustawienia kwadratu. Mamy łącznie 8 możliwości, ale ponieważ są one symetryczne siebie, zwrócimy uwagę tylko na cztery przypadki.



Algorytm wybierze ułożenie jak na pierwszym obrazku, bo ma największą długość stykających się powierzchni.

Po zakończeniu działania algorytmu ułożony kwadrat będzie wyglądać następująco. Jest to najlepsze możliwe rozwiązanie, bo udało się umieścić wszystkie klocki w najmniejszym możliwym kwadracie. Liczba dziur wynika z ilości i rozmiaru klocków.



Dowód poprawności

Każdy klocek może być postawiony na skończonej liczbie miejsc. Jeżeli jakiś klocek z listy nam się nie zmieści, to algorytm zwiększa bok kwadratu. Wiemy że ilość takich zwiększeń będzie ograniczona, bo istnieje taki kwadrat, który na pewno zmieści wszystkie klocki (na przykład kwadrat o boku n*k, gdzie każdy klocek jest ułożony wzdłuż krawędzi). Natomiast nasz algorytm skończy się wcześniej (wynika to z zastosowanego sposobu wybierania najlepszego ustawienia klocka), bo umieszczenie każdego klocka wzdłuż krawędzi jest bardzo nieoptymalne i przy tych samych danych wejściowych potrzebnie by było więcej razy zwiększać bok kwadratu.

Analiza złożoności

Przeanalizujemy złożoność algorytmu za pomocą pseudokodu.

```
solved = False
while not solved:
    for tetromino in n:
        for pos in range(n*k):
            for rotation in 4:
                rate_location(rotation, pos)
        best_location = choose_location()
        if not best_location:
            square_size+=1
            break
        else:
            place_tetromino(tetromino, best_location)
            solved = True
```

Operację rate_location, choose_location, place_tetromino oraz przepisanie, inkrementacja zmiennej mają złożoność rzędu O(c), gdzie c - pewna stała.
Dla wyznaczenia końcowej złożoności algorytmu spróbujmy oszacować ilość razy potencjalnego zwiększania kwadratu.

Wyobraźmy sobie taki przypadek, kiedy klocek już się nie mieści do kwadratu. Nasz algorytm będzie próbował ułożyć kwadrat o boku o 1 większym, ale w celu wykonania szacowania, spróbujmy ułożyć klocek prostopadle do krawędzi kwadratu. (to jest pesymistyczny przypadek). Tym samym otrzymamy kwadrat wypełniony wszystkimi klockami. Czyli możemy powiedzieć, że w najgorszym przypadku nasz minimalny kwadrat się zwiększy o długość pozostałych klocków - p*k, gdzie p - liczba niemieszczących się klocków.

Złożoność zagnieżdżonych pętli równa się iloczynu złożoności każdej z nich. Czyli złożoność algorytmu $4 * l * n^2 \leq p * k * (k * n) * n * 4 = 4 * k^2 * n^2$, gdzie l - to ilość razy zwiększenia boku kwadratu.

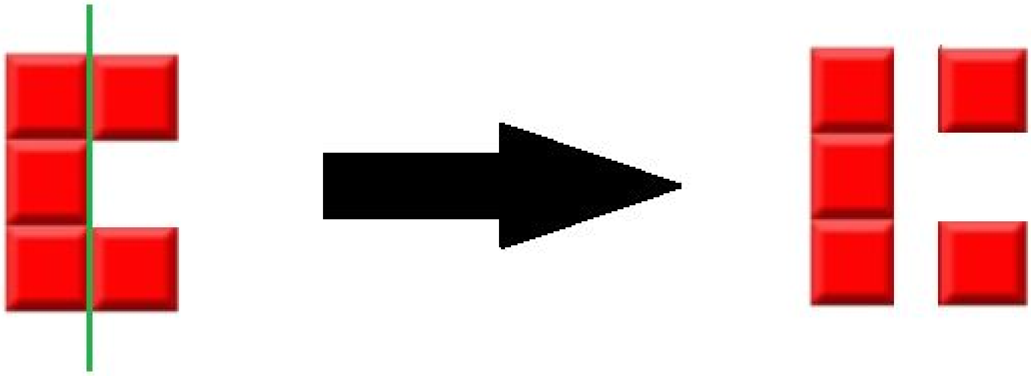
Wyznaczanie najmniejszego zbioru cięć listy klocków, mogącego wypełnić prostokąt

Opis zadania

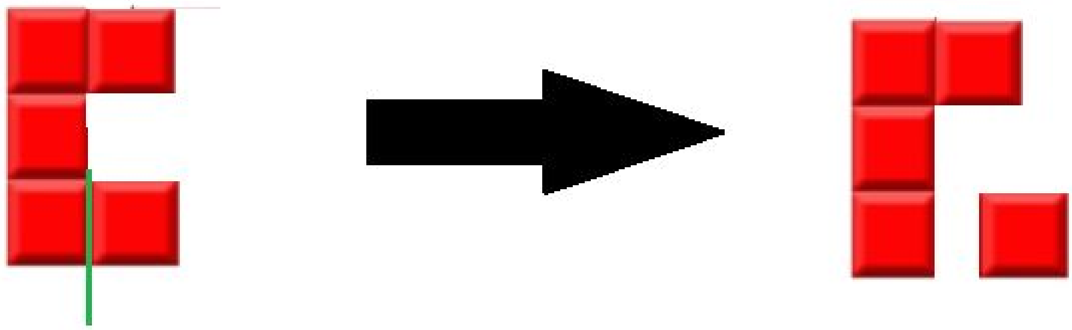
Celem programu jest znalezienie najmniejszego zbioru przecięć wejściowej listy klocków, aby pocięte klocki mogły całkowicie wypełnić prostokąt o polu równym sumie pól danych klocków. Klocek rozumiemy jako zbiór połączonych ze sobą kwadratów o polu 1. Klocki nie

mogą na siebie nachodzić. Rozważać będziemy prostokąt najbliższy kwadratowi, czyli którego różnica długości boków będzie najmniejsza.
Cięcia mogą być wykonywane tylko i wyłącznie wzdłuż linii będącymi granicami małych kwadratów. Cięcia mogą być dowolnej długości, więc oba poniższe cięcia są dozwolone:

Długość cięć równa 2:



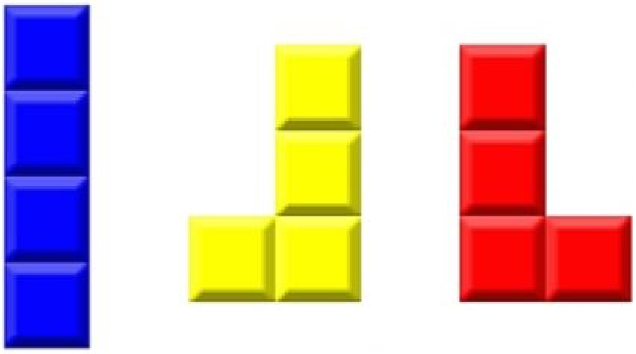
Długość cięć równa 1:



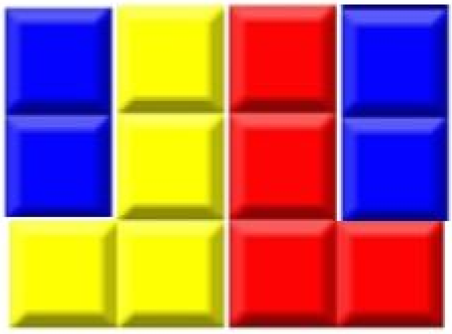
Parametrem programu jest lista obiektów reprezentujących klocki o tym samym polu.

Przykład:

Dane wejściowe:



Pole klocków jest równe 12. Prostokąt o takim polu, najbliższy kwadratowi ma wymiary 3 x 4. Szukamy minimalnego zbioru cięć na wejściowych klockach, aby nowo powstały zbiór klocków mógł wypełnić wyznaczony prostokąt.

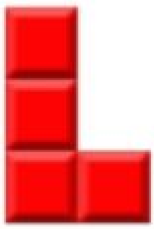


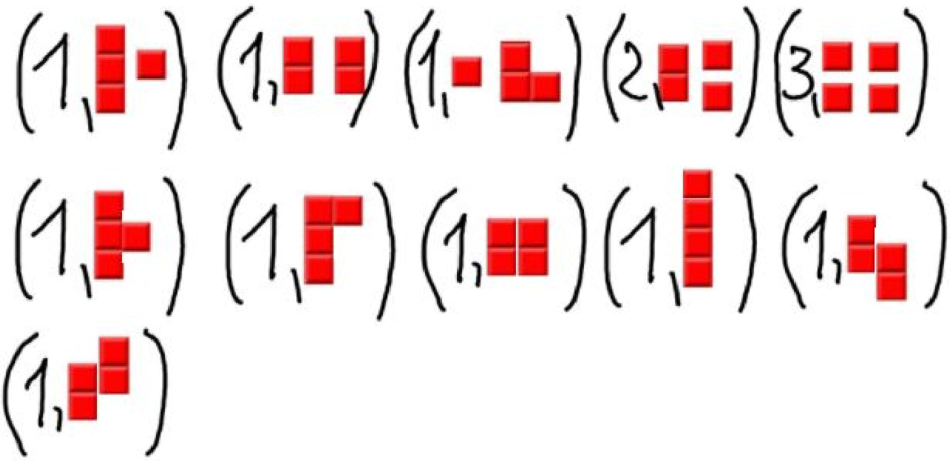
Na niebieskim klocku wykonano cięcie o długości 1. Łączna długość cięć wynosi 1 i nie istnieje zbiór cięć o krótszej łącznej długości, który wygeneruje klocki mogące wypełnić rozważany prostokąt.

Algorytm dokładny

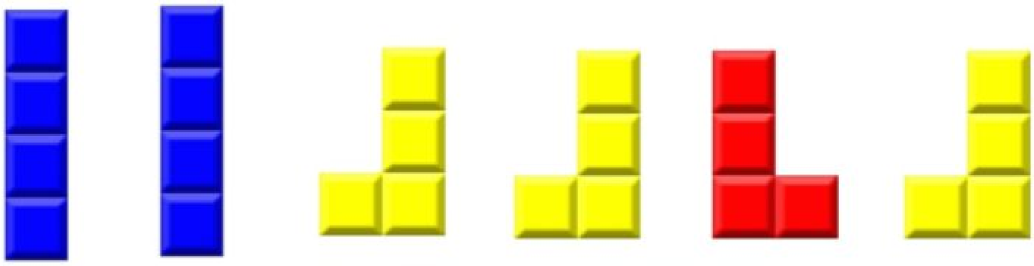
Opis algorytmu

Dla wejściowego n-elementowego zbioru klocków najpierw znajdujemy prostokąt najbliższy kwadratowi - liczymy łączne pole klocków, potem znajdujemy najbliższe sobie liczby, których iloczyn jest równy temu polu.
Dla każdego z rodzaju klocków, wykonujemy wszystkie możliwe cięcia i złączenia pociętych części i zapamiętujemy je jako parę: liczba cięć i zbiór powstałych w wyniku cięć klocków (przetrzymujemy je podobnie jak same klocki)- ułatwi to późniejsze cięcie klocków i dopasowywanie ich w wolne miejsca.
Przykład:





Następnie znajdujemy permutacje z powtórzeniami zbioru wejściowego klocków.
Dla przykładowego zbioru:



Będzie to $\frac{6!}{2!*3!}$

Dla każdej z tych permutacji będziemy zaczynać obliczenia, które w pierwszym etapie są bardzo podobne do algorytmu z zadania z kwadratem. Dla każdego rodzaju i każdego obrotu klocków znajdujemy możliwe do ustawienia pozycje w prostokącie. Później, biorąc pierwszy klocek z listy, ustawiamy go na pierwszej wolnej pozycji. Jeśli ustawienie klocka w żadnym z obrotów nie jest możliwe, sprawdzamy dla kolejnych klocków i jeśli można je umieścić w prostokącie, to umieszczamy. Jeśli uda się wypełnić prostokąt wszystkimi klockami, to kończymy obliczenia i prezentujemy wynik.

W momencie gdy nie możemy już umieścić żadnego z pozostałych klocków w prostokącie, następuje etap cięć. Powstałe w prostokącie wolne miejsca zapisujemy w podobny sposób jak klocki. Mając zbiór wolnych miejsc do wypełnienia i pozostałe klocki wraz z wcześniej przygotowanymi dla nich cięciami, następuje dopasowanie klocków i wybór cięć, aby wykonać ich jak najmniejsza liczbę. Dla każdego z pozostałych klocków sprawdzamy najpierw czy wykonując po jednym cięciu, można wpasować powstałe kawałki w wolne miejsca. Robimy to w taki sposób, że najpierw łączymy w pary puste miejsca i przecięte kawałki o jednakowym kształcie, a następnie pozostałe pocięte kawałki wpasowujemy w brakujące miejsca algorytmem z powrotami w analogiczny sposób jak wpasowywaliśmy niepocięte klocki w prostokąt. Jeśli dla klocków możliwe jest wykonanie jednego cięcia na więcej niż jeden sposób, to sprawdzamy każdą kombinacje między klockami. Jeśli nie udało się dopasować kawałków, to zwiększamy całkowitą liczbę cięć o jeden, również sprawdzając wszystkie kombinacje dla danej liczby cięć. Powrót następuje w przypadku wypełnienia całego prostokąta w najmniejszej jak dotąd liczbie cięć (zapamiętujemy wtedy wynik) lub przy przekroczeniu najmniejszej jak dotąd liczby cięć.

Dowód poprawności

Przedstawiony algorytm sprawdza wszystkie możliwe ułożenia klocków w prostokącie i dla każdego z ułożeń sprawdza pocięcia. Algorytm sprawdza układanie klocków w każdej możliwej kolejności, aby w przypadku zaistnienia takich samych układów pustych miejsc, sprawdzić każdy możliwy do powstania układ klocków do pocięcia.

Poniewaz sprawdzane sa wszytkie mozliwe sytuacje, to na pewno zostanie znalezione rozwiązanie z najmniejsza liczbą pocięć.

Analiza złożoności

W pesymistycznym przypadku, kiedy w wejściowym n-elementowym zbiorze klocków o rozmiarze k, każdy klocek będzie innego rodzaju, to permutacji tego zbioru będzie n!
Pierwszy klocek z listy można ustawić na maksymalnie 4*k*n sposobów, bo prostokąt ma pole równe k*n, a klocek w najgorszym wypadku ma 4 różne ustawienia po obrotach. Następny klocek można ustawić na (4*k*n - k) sposobów, bo k pól zostało zajętych przez pierwszy klocek. W momencie gdy nie możemy ustawić już żadnego klocka, a liczba klocków, które nam zostały jest równa m, przechodzimy do etapu cięcia gdzie korzystamy z wcześniej przygotowanych wzorów.
Jako że musimy niedeterministycznie sprawdzić wszystkie możliwe ustawienia klocków, a dodatkowo wykonać cięcia, złożoność rozwiązania będzie co najmniej wykładnicza.

Algorytm heurystyczny

Opis algorytmu

Algorytm będzie bardzo podobny do heurystycznego algorytmu dla kwadratu. Na początku znajdujemy rozmiar najmniejszego prostokąta, najbardziej zbliżonego do kwadratu, którego pole będzie się równać łącznemu polu wszystkich klocków podawanych dla algorytmu. Po wyznaczeniu rozmiarów prostokąta będziemy imitować podejmowanie decyzję przez użytkownika przy pomocy metody oceniania ułożenia klocka według długości stykających się krawędzi (jak w kwadracie). Jedyną różnicą w działaniu algorytmów będzie działanie podejmowane w przypadku, kiedy klocek się nie mieści do figury. W przypadku prostokąta w tym momencie zaczynamy ciąć klocek, tak aby z najmniejszą długością cięć udało się zmieścić go w prostokącie. Po umieszczeniu wszystkim klocków algorytm się kończy. Warto też zauważyć, że nie może być przypadku, kiedy po zakończeniu działania algorytmu w prostokącie zostaną dziury, bo prostokąt może być ostatecznie wypełniany klockami o polu 1.

Dowód poprawności

Każdy klocek może być postawiony na skończonej liczbie miejsc. Po zakończeniu ustawiania, zostaje nam skończona liczba klocków i skończona liczba pustych miejsc, więc wypełnianie po kolei pustych miejsc jest również skończone. Z tego wynika, że nasz algorytm zawsze się skończy.
Jeśli po etapie ustawiania nie zostanie nam żadne puste miejsce, to znaczy, że otrzymaliśmy poprawny wynik bez cięć. Jeśli nie, to przechodzimy do etapu cięć i wypełniania pustych miejsc. Jako, że łączne pole powierzchni pustych pól musi być równe łącznemu polu powierzchni pozostałych klocków, to algorytm w najgorszym wypadku potnie klocki na jednostkowe kwadraty i w dowolny sposób wypełni nimi puste miejsca, ale znajdzie poprawne (niekoniecznie optymalne) rozwiązanie.

Analiza złożoności

Wypełniany prostokąt ma pole n*k, gdzie n to liczba klocków, a k to ich wielkość. Pierwszy klocek może zostać postawiony maksymalnie na $4nk$ sposobów (w każdej komórce prostokąta na 4 różne obroty). Następny klocek możemy położyć już na $4(nk - k)$ sposobów, gdyż poprzedni klocek zajmuje k miejsc. Klocek k-elementowy możemy pociąć na maksymalnie na

$$p = \binom{k}{1} * \binom{k}{2} ... * \binom{k}{k}$$

sposobów.
Zatem całkowita złożoność jest równa

$$p \ * \ (4nk + 4nk - 4k + 4nk - 8k + ... + 4nk - 4k^2) \ \leq p \ * \ 4n^2k$$

Opis programu

Uruchomienie i wymagania systemowe

Komputer z systemem operacyjnym Windows 10 kompatybilny z .NET Framework 4.7.2.
Plik .exe będzie załączony w folderze z projektem pod ścieżką względną - plik wykonywalny/Tetris.exe.
Zakładamy, że wszystkie klocki dalej wspomniane są klockami o rozmiarze 5, czyli pentomino.

Program posiada opcję wybierania typu problemu i typu algorytmu reprezentowaną za pomocą radio buttons.
Istnieją trzy opcje przekazania zestawu klocków reprezentowane w GUI:

1. [Load from file] - Wczytanie pliku. Program otwiera okno wyboru pliku (File Dialog) i pozwala wczytać plik w formacie txt.
2. [Random] - Generowanie losowych klocków o ilości ustalonej przez użytkownika. Wygenerowane liczby pojedynczych klocków są wyświetlane w polach textowych pod odpowiednimi klockami i są modyfikowalne.
3. [Load from keyboard] - Ręczne wpisywanie liczby klocków w polach testowych.

Przy wczytywaniu pliku tekstowego w którym jest zdefiniowane kilka problemów jest dostępny przycisk [Next task]. Żeby przejrzeć wszystkie problemy trzeba najpierw wyświetlić klocki z pierwszego problemu za pomocą [Show pieces], a następnie posługiwać się przyciskiem [Next task], który będzie zmiał widok GUI w zależności od zdefiniowanego problemu. Jeżeli w pliku już nie ma więcej dotępnych problemów - przycisk się blokuje. Również jest wyświetlany licznik który pokazuje który problem aktualnie przeglądamy i ile jest sprecyzowanych w pliku.

[Show pieces] - Wyświetla wybrany/wygenerowany zestaw klocków
[Solve] - Uruchamia odpowiedni algorytm dla wybranego zestawu klocków oraz wyświetla rozwiązanie/rozwiązania. W trakcie obliczeń algorytmu wyświetla się napis “Processing...”. W przypadku dokładnych algorytmów wyświetla pierwsze rozwiązanie. Użytkownik może wyświetlić dowolne inne rozwiązanie zmieniając numer rozwiązania za pomocą strzałki lub wpisując ręcznie dowolny numer z zakresu wszystkich rozwiązań i następnie klikając w przycisk [Go].
Uwaga: Aby po kliknięciu przycisku [Solve] przy losowym generowaniu klocków zobaczyć ponownie użyte klocki, należy zmienić opcję na [Load from keyboard], w przeciwnym wypadku zostanie wygenerowany nowy zestaw klocków.

W celach optymalizacji programu przyjęliśmy że ustalimy domyślny [solution limit] - limit rozwiązań(10) dla algorytmów dokładnych. Ta opcja może być wyłączona przez użytkownika lub limit może być zmodyfikowany.

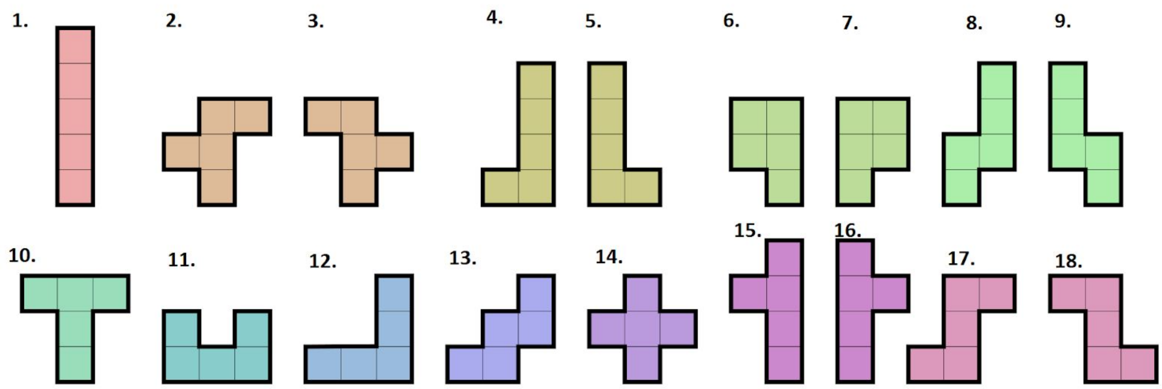
Po zakończeniu wykonywania algorytmu zaczyna się generować plansza. Po wygenerowaniu planszy wyświetla się rozwiązanie oraz dodatkowe informację takie jak czas wykonania algorytmu w s(generowanie planszy nie jest wliczane) i minimalna liczba cięc dla algorytmów z prostokątem.

Format pliku:
Daną wejściową może być plik przygotowany w następujący sposób:
- W pierwszej linijce wielkość dla jakich klocków algorytm działa - jednak nasz program obsługuje tylko klocki 5 elementowe i nie obsługuje formatu w którym w pierwszej linijce znajduje się cokolwiek innego niż 5.
- W drugiej linijce jedna z następujących wartości: "ok", "hk", "op", "hp" (małymi literami) oznaczające jaki algorytm powinien się uruchomić, kolejno:
    1.ok - problem kwadratu, algorytm optymalny,
    2.hk - problem kwadratu, algorytm heurystyczny,
    3.op - problem prostokąta, algorytm optymalny,
    4.hp - problem prostokąta, algorytm heurystyczny,
- W trzeciej linijce może znajdować się jedna liczba, lub lista liczb oddzielonych spacjami:
    1.jeśli jest jedna liczba to informuje nas ona dla ilu losowo wybranch klocków powinniśmy uruchomić nasz algorytm,
    2.jeśli jest więcej niż jedna liczba to jest to lista ilości kolejnych klocków dla których powinniśmy uruchomić nasz algorytm (ignorujemy zera końcowe) np. 2 5 1 1 0 0 5 3 oznacza, że powinniśmy wziąć 2 klocki o numerze 1, 5 klocków o numerze 2, 1 klocek o numerze 3 itd.

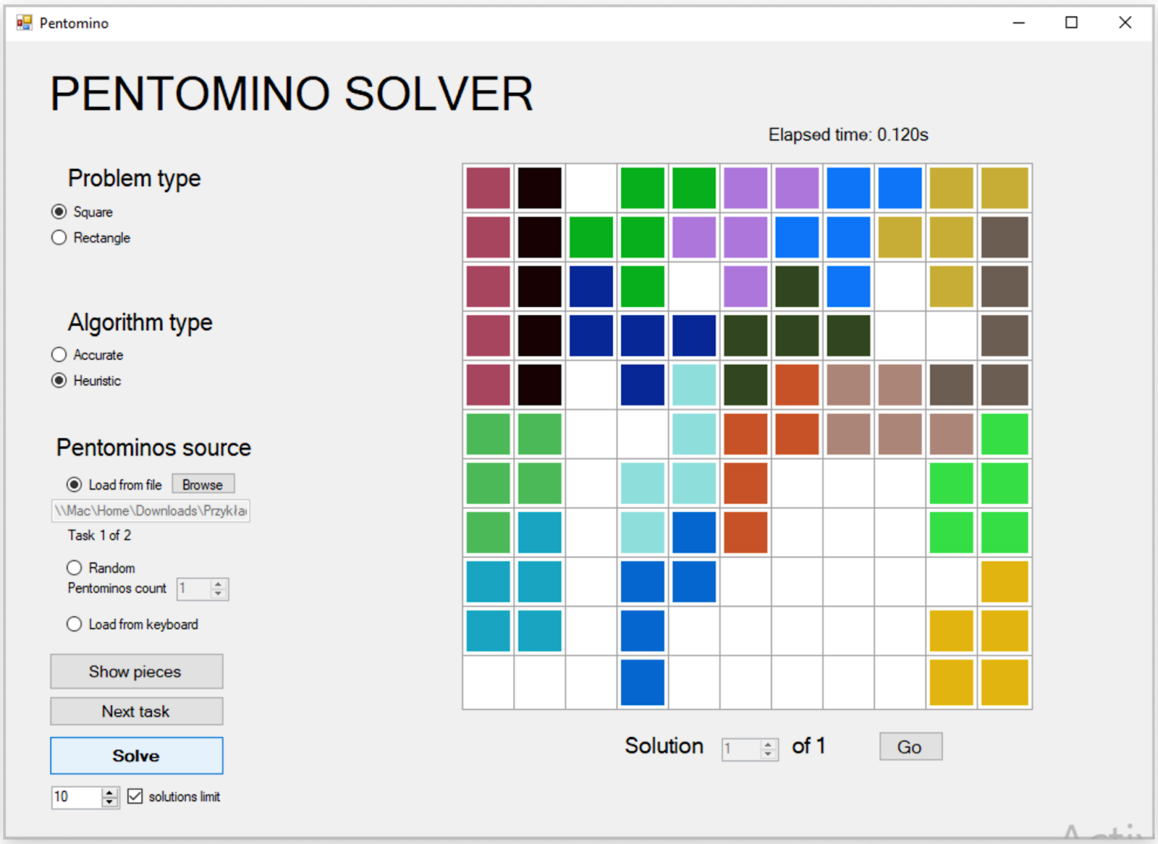
Przykład.txt

```
5
ok
2 5 1 1 0 0 5 3
5
hk
20
```

Klocki i odpowiadające im numery przestawione są poniżej:



Przykład rozwiązania algorytmem heurystycznym dla pierwszego problemu z przykładu:

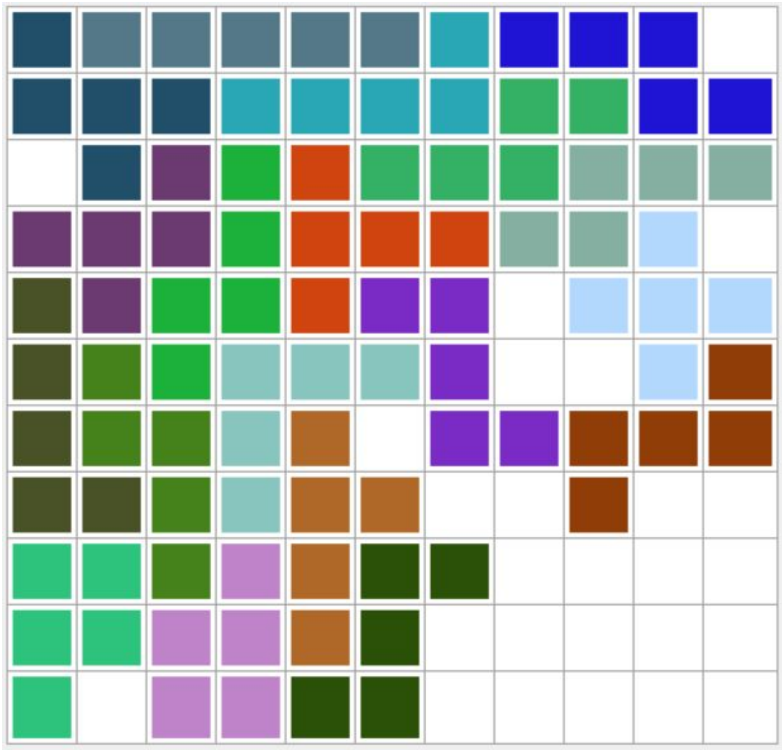


Przykłady

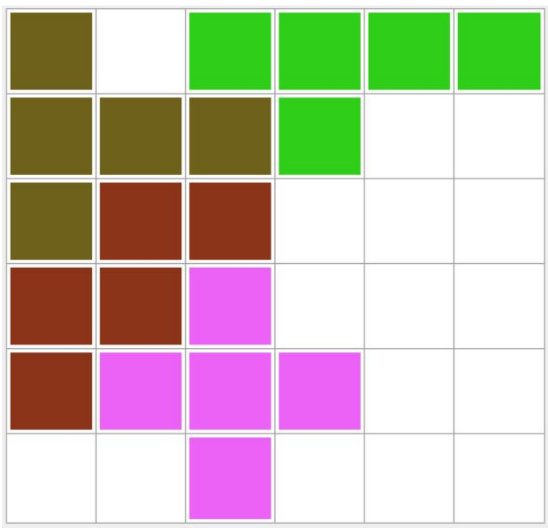
Zestaw omówionych przykładów znajduje się w pliku przyklady.txt

Kwadrat

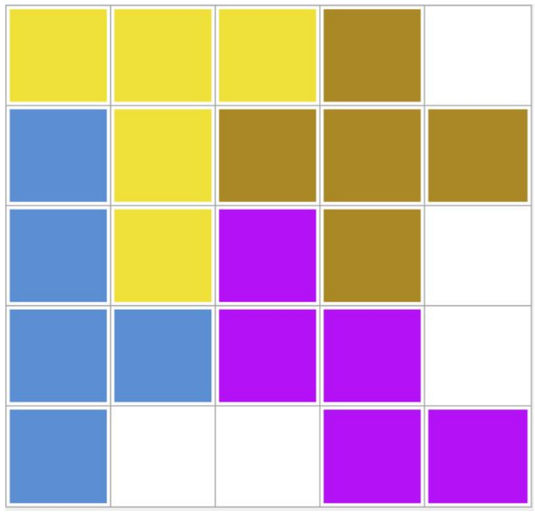
Algorytm heurystyczny dla kwadratu o następującym zestawie klocków:
1 1 1 2 0 2 3 2 0 1 0 1 0 1 1 0 2 1
generuje plansze:



Algorytm heurystyczny dla kwadratu o następującym zestawie klocków:
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0
generuje plansze:



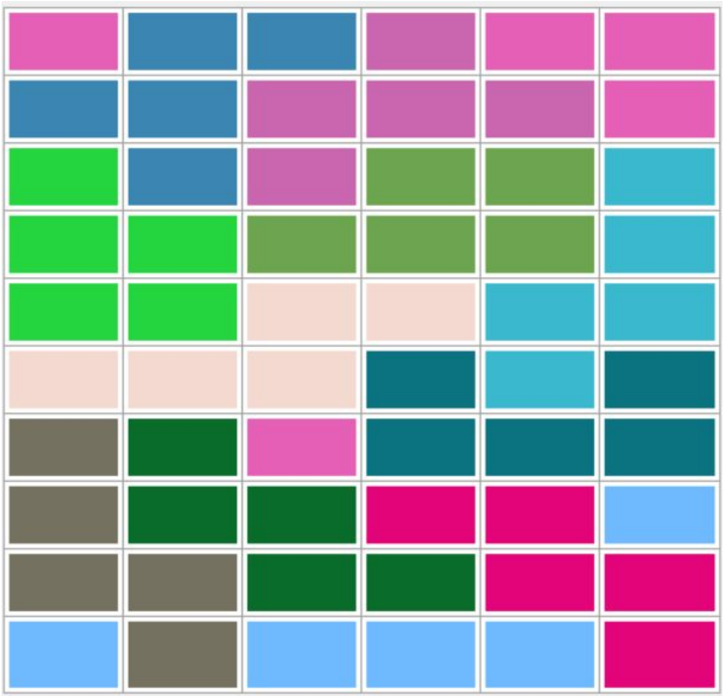
Natomiast algorytm dokładny dla tego samego zestawu klocków generuje plansze:



Algorytm optymalny zmieścił podany zestaw klocków w kwadracie o boku 5, natomiast algorytm heurystyczny potrzebował kwadratu o boku 6, co pokazuje, że algorytm heurystyczny nie zawsze zwraca optymalne rozwiązanie.

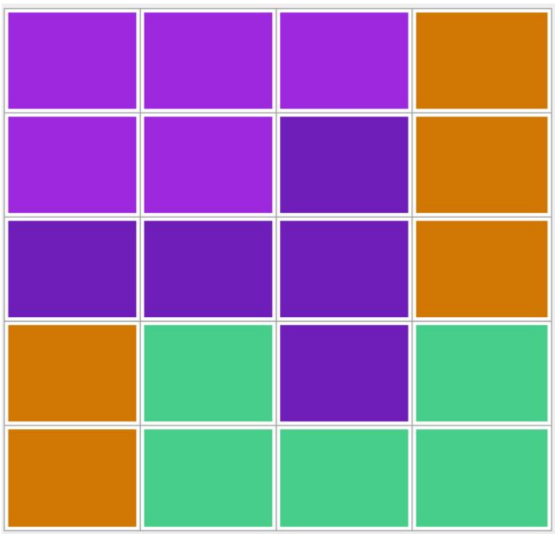
Prostokąt

Algorytm heurystyczny dla prostokąta o zestawie klocków
0 1 1 0 0 2 0 1 2 0 1 0 2 0 1 0 1 0
Generuje plansze:

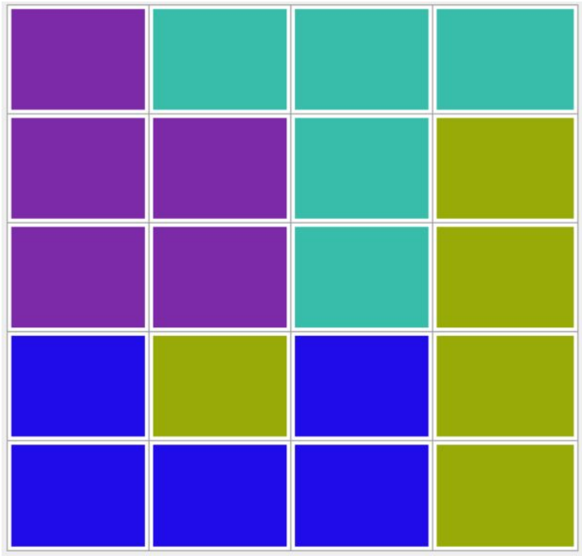


Wykonując przy tym cięcia o łącznej długości 5.

Algorytm heurystyczny dla prostokąta o zestawie klocków:
0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0
Generuje plansze:



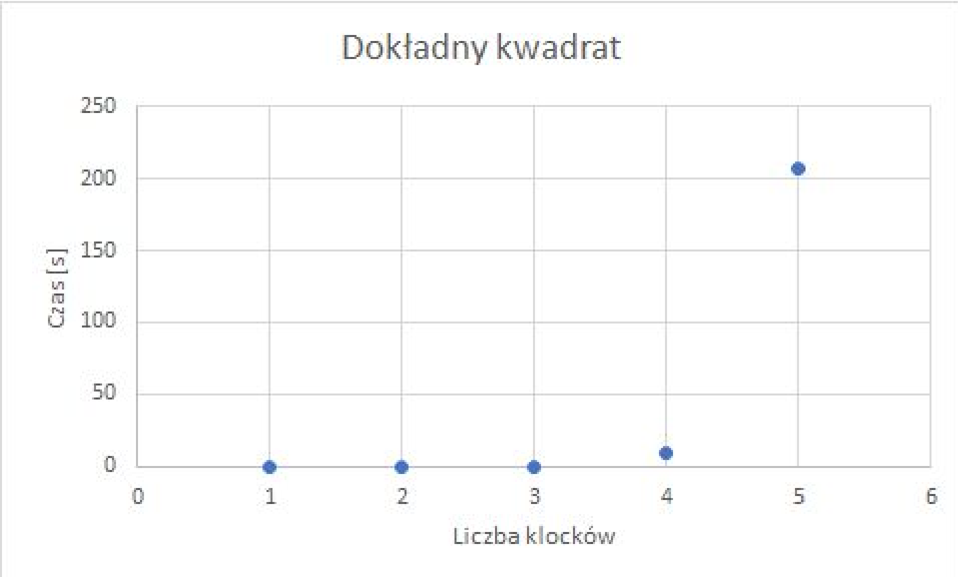
Wykonując przy tym cięcia o łącznej długości 2 (tniemy dwukrotnie klocek Y)
Natomiast algorytm optymalny dla tego samego zestawu klocków zwraca planszę:



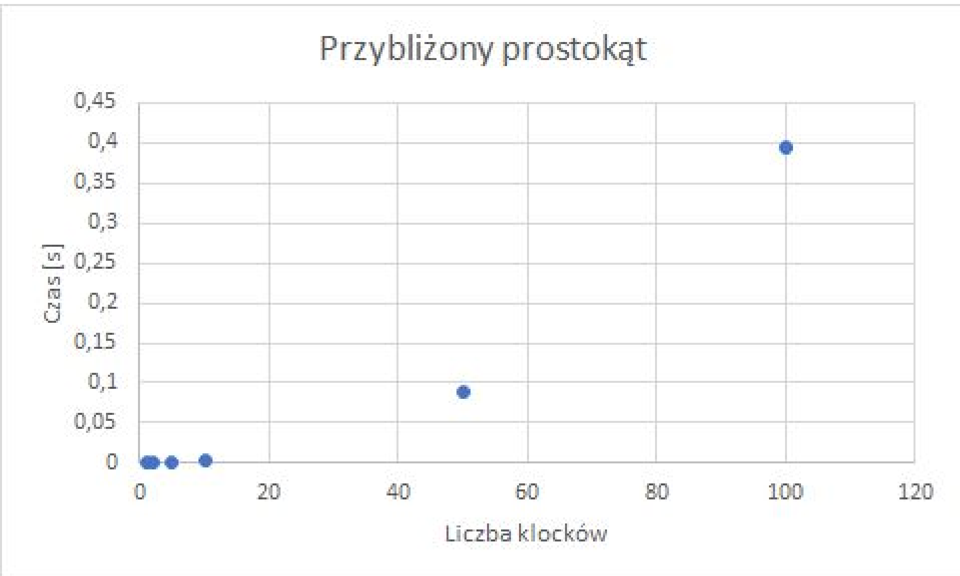
W tym przypadku, długość cięcia wynosi 1 (jednokrotnie obcinamy klocek Y), co pokazuje, że algorytm heurystyczny nie zawsze zwraca optymalne rozwiązanie.

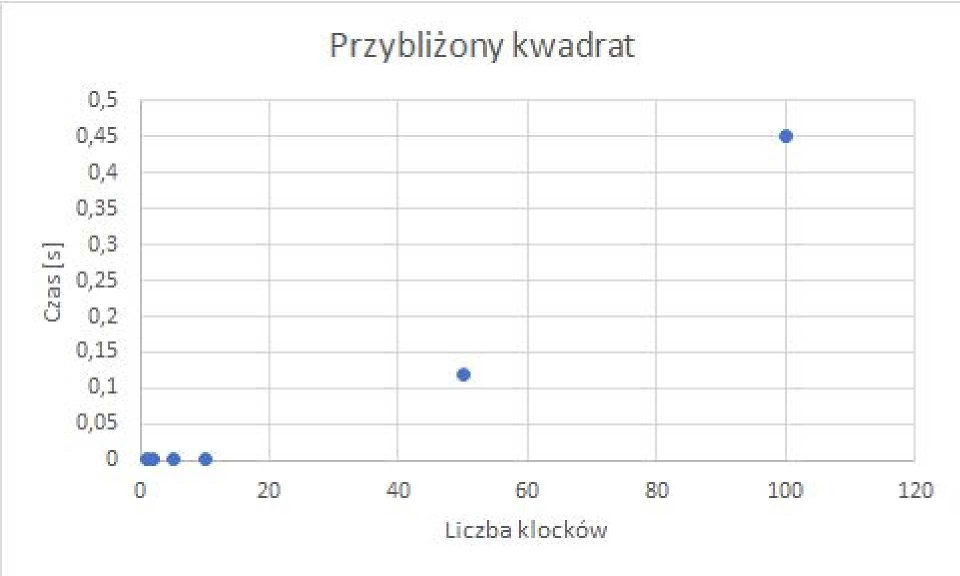
Analiza wydajności

Analiza wydajności została dokonana na podstawie uśrednionego czasu pięciu pomiarów przy użyciu losowych klocków. Wyniki są następujące:



W obu przypadkach można zauważyć wykładniczy wzrost czasu wykonania. Szczególnie znaczący dla użytkownika wzrost następuję około czterech lub pięciu klocków.
Nadanie limitu wyświetlanych rozwiązań skraca czas wykonania algorytmu.





Czasy wykonań algorytmów przybliżonych zdają się, zgodnie z obliczeniami, rosnąć wielomianowo. Nawet dla dużych liczb klocków są one niezauważalne dla użytkownika.

Lista zmian:

- Ustaliliśmy stałą wielkość klocka: 5
- W algorytmie dokładnym dla prostokąta oprócz zapamiętywania pocięć dla każdego rodzaju klocka, zapamiętujemy pocięcia dla kombinacji klocków
- Dodaliśmy możliwość limitowania liczby wyświetlanych rozwiązań
- Generowanie i zapamiętywanie rotacji dla klocków