

# Metody bioinformatyki (MBI)

## Dokumentacja wstępna projektu

Michał Andrzejczak      Karol Piczak      Andrzej Smyk

23 marca 2015

### 1 Temat projektu

Dopasowywanie sekwencji za pomocą algorytmów Gotoha oraz Altschula - Ericksona. Porównanie z inną dostępną implementacją (np. z pakietem Biostrings w języku R)

### 2 Cel projektu

Podstawowym zadaniem jest implementacja dwóch algorytmów służących do badania podobieństwa dwóch sekwencji np. nukleotydów: algorytmu Gotoha oraz Altschula - Ericksona. Oba korzystają z afinicznej funkcji kary za przerwę.

Następnie, za pomocą zaimplementowanych algorytmów przeprowadzonych zostanie szereg prób uliniowania dla sekwencji o różnych długościach. Dla każdej próby zostanie zmierzony czas w jakim dopasowanie zostało ukończone. Na tej podstawie będziemy w stanie empirycznie zweryfikować zależność złożoności obliczeniowej algorytmów względem długości dopasowywanych sekwencji.

Pomiary czasów wykonania zostaną powtórzone dla jednego z istniejących pakietów umożliwiających dopasowywanie sekwencji parami, np. pakietu Biopython [1] lub Biostrings [2]. Pozwoli to na porównanie względnej złożoności czasowej naszej implementacji z rozwiązaniami gotowymi.

### 3 Funkcjonalność rozwiązania

Projekt zostanie zrealizowany jako aplikacja konsolowa lub okienkowa z prostym GUI. Podstawowa funkcjonalność jaka powinna się w nim znaleźć to:

- Wczytanie oraz sparsowanie danych z pliku tekstowego lub podanych bezpośrednio przez użytkownika: program pobierze dwie sekwencje nukleotydów oraz opcjonalnie wartości do systemu punktacji dla identycznych pozycji, różnych pozycji oraz kar za rozpoczęcie i kontynuację przerwy.
- Uliniowanie obu sekwencji za pomocą wybranego przez użytkownika algorytmu: wyznaczenie macierzy dopasowania oraz na ich podstawie najbardziej optymalnego dopasowania.

- Wydrukowanie na standardowe wyjście lub zapis do pliku wyniku dopasowania, z oznaczeniem przerw oraz zgodnych i niezgodnych par nukleotydów z obu sekwencji.

## 4 Dopasowanie par sekwencji

Dopasowanie pary sekwencji wykonuje się przy założeniu, że są one homologiczne, tj. wyewoluowały od jednego przodka. Różnice na poszczególnych pozycjach w obu sekwencjach mogą być wynikiem mutacji. Przerwy w sekwencjach sugerują zajście delekcji lub insercji w jednej lub w obu sekwencjach.

Afiniczna funkcja kary za przerwę jest najczęściej wykorzystywanym sposobem punktacji przerw. Za jej stosowaniem przemawia fakt, iż insercje i delekcje mają charakter blokowy, tj. istnieje większe prawdopodobieństwo wystąpienia jednej dużej przerwy, niż kilku mniejszych, znajdujących się nieodległym sąsiedztwie. Kara za utworzenie nowej przerwy jest równa  $g_{open}$ , zaś kara za jednostkowe wydłużenie istniejącej przerwy wynosi  $g_{ext}$ . Całkowita kara za przerwę o długości  $l$  wynosi  $W(l) = g_{open} + g_{ext}(l - 1)$ .

Algorytm Gotoha [3] pozwala na znalezienie jednego, optymalnego dopasowania pomiędzy dwiema sekwencjami. W algorytmie tym konieczne jest utworzenie w sumie 3 macierzy kosztu:

$M$  - elementy  $M_{i,j}$  tej macierzy, stanowią ocenę najlepszego dopasowania kończącego się na pozycjach  $i$  i  $j$  odpowiednio pierwszej sekwencji  $a$  i drugiej sekwencji  $b$ ,

$I$  - macierz najlepszego dopasowania zakończonego delecją (dopasowanie kończy się na  $a_i$  w pierwszej sekwencji oraz znakiem przerwy w drugiej),

$J$  - macierz najlepszego dopasowania zakończonego insercją (dopasowanie kończy się znakiem przerwy w pierwszej sekwencji oraz resztą  $b_j$  w drugiej).

Zależności rekurencyjne dla wymienionych powyżej macierzy można przedstawić następująco:

$$M_{i,j} = \max \begin{cases} M_{i-1,j-1} + S(a_i, b_j) \\ I_{i,j} \\ J_{i,j} \end{cases}$$

$$I_{i,j} = \max \begin{cases} M_{i-1,j} - g_{open} \\ I_{i-1,j} - g_{ext} \end{cases}$$

$$J_{i,j} = \max \begin{cases} M_{i,j-1} - g_{open} \\ J_{i,j-1} - g_{ext} \end{cases}$$

Algorytm zaimplementowany przy wykorzystaniu programowania dynamicznego ma złożoność obliczeniową  $O(mn)$ , czyli taką samą jak algorytmy dopasowania z liniową funkcją kary za przerwę. Ponieważ wykorzystuje on dodatkowo dwie macierze  $I$  oraz  $J$ , złożoność pamięciowa jest trzykrotnie wyższa w porównaniu do algorytmów stosujących liniową funkcję kary.

## 5 Testowanie

Testowanie gotowego rozwiązania będzie składało się z dwóch części:

1. Testów wydajnościowych: ich celem będzie sprawdzenie czasów wykonania obu algorytmów dla sekwencji o różnej długości. Uzyskane czasy pozwolą na empiryczne oszacowanie złożoności czasowej algorytmów oraz porównanie ich z czasami wykonania dostępnych implementacji.
2. Testów poprawnościowych: ich celem będzie weryfikacja, czy oba algorytmy prawidłowo dopasowują obie sekwencje tj. wykrywają zarówno mutacje, jak i insercje oraz delecje. W tym celu przetestujemy ich działanie na parach sekwencji, w których druga będzie zmodyfikowaną o mutacje oraz delecje i insercje wersją pierwszej.

## 6 Odnosińki

### Literatura

- [1] <http://biopython.org>
- [2] <http://master.bioconductor.org/packages/release/bioc/html/Biostrings.html>
- [3] <http://www.cs.unibo.it/~dilena/LabBII/Papers/AffineGaps.pdf>