

# Задачи оценивания значимости выравнивания при помощи скрытых марковских моделей

Власенко Даниил Владимирович, гр.19.Б04-мм

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Коробейников А.И.

Санкт-Петербургский государственный университет  
Прикладная математика и информатика  
Вычислительная стохастика и статистические модели

Отчет по производственной практике

Санкт-Петербург, 2022

Оценивание значимости выравнивания

Задачи оценивания значимости выравнивания  
при помощи скрытых марковских моделей

Власенко Даниил Владимирович, гр.19.Б04-мм  
Научный руководитель: к.ф.-м.н. Коробейников А.И.

Санкт-Петербургский государственный университет  
Прикладная математика и информатика  
Вычислительная стохастика и статистические модели

Отчет по производственной практике  
Санкт-Петербург, 2022

Научный руководитель к.ф.-м.н., Коробейников А.И.,  
кафедра статистического моделирования

# Введение

Пусть дан алфавит символов  $\Sigma$ .

## Определение

Последовательностью длины  $L$  над алфавитом  $\Sigma$  будем называть такой элемент  $X$ , что  $X \in \Sigma^L$ . Последовательностью  $X$  над алфавитом  $\Sigma$  будем называть такой  $X$ , что  $X \in \bigcup_{L=0}^{L=\infty} \Sigma^L$ .

## Определение

Выравниванием  $N$  последовательностей называется отображение  $Q : \times_{i=1}^N (\bigcup_{L_i=0}^{L_i=\infty} \Sigma^{L_i}) \rightarrow \times_{i=1}^N (\Sigma^{\max_{L \in L_i}(L)})$ , такое что:

1. Возможны вставки символа — в последовательностях.
2. Вставка — на одинаковых позициях во всех последовательностях запрещена.
3. Порядок изначальных символов внутри последовательностей сохраняется.

Элементы из области значения  $Q$  также называются выравниваниями.

2/5

Власенко Д.В.

Оценивание значимости выравнивания

## Оценивание значимости выравнивания

### — Введение

#### Введение

Пусть дан алфавит символов  $\Sigma$ .

#### Определение

Последовательностью длины  $L$  над алфавитом  $\Sigma$  будем называть такой элемент  $X$ , что  $X \in \Sigma^L$ . Последовательностью  $X$  над алфавитом  $\Sigma$  будем называть такой  $X$ , что  $X \in \bigcup_{L=0}^{L=\infty} \Sigma^L$ .

#### Определение

Выравниванием  $N$  последовательностей называется отображение  $Q : \times_{i=1}^N (\bigcup_{L_i=0}^{L_i=\infty} \Sigma^{L_i}) \rightarrow \times_{i=1}^N (\Sigma^{\max_{L \in L_i}(L)})$ , такое что:

1. Возможны вставки символа — в последовательностях.
2. Вставка — на одинаковых позициях во всех последовательностях запрещена.
3. Порядок изначальных символов внутри последовательностей сохраняется.

Элементы из области значения  $Q$  также называются выравниваниями.

Пусть дан алфавит символов  $\Sigma$ .

## Определение

Последовательностью длины  $L$  над алфавитом  $\Sigma$  будем называть такой элемент  $X$ , что  $X \in \Sigma^L$ . Последовательностью  $X$  над алфавитом  $\Sigma$  будем называть такой  $X$ , что  $X \in \bigcup_{L=0}^{L=\infty} \Sigma^L$ .

## Определение

Выравниванием  $N$  последовательностей называется отображение  $Q : \times_{i=1}^N (\bigcup_{L_i=0}^{L_i=\infty} \Sigma^{L_i}) \rightarrow \times_{i=1}^N (\Sigma^{\max_{L \in L_i}(L)})$ , такое что:

1. Возможны вставки символа — в последовательностях.
2. Вставка — на одинаковых позициях во всех последовательностях запрещена.
3. Порядок изначальных символов внутри последовательностей сохраняется.

Элементы из области значения  $Q$  также называются выравниваниями.

A C E A A F A E  
C E A F D C E

A C E A A F A — E  
— C E A — F D C E

Рис. 1: Последовательности до и после выравнивания.

Примем множество  $\times_{i=1}^N (\bigcup_{L_i=0}^{L_i=\infty} \Sigma^{L_i})$  за пространство элементарных исходов  $\Omega$ . Область значений выравнивания  $Q$  обозначим как  $\bar{\Omega}$ .

## Определение

Оценкой выравнивания называется случайная величина  $s : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{R}$ .

## Оценивание значимости выравнивания

### Введение

Примем множество  $\times_{i=1}^N (\bigcup_{L_i=0}^{L_i=\infty} \Sigma^{L_i})$  за пространство элементарных исходов  $\Omega$ . Область значений выравнивания  $Q$  обозначим как  $\bar{\Omega}$ .

## Определение

Оценкой выравнивания называется случайная величина  $s : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{R}$ .

Способом вычисления оценки выравнивания  $s$  может быть, например, увеличение оценки на 1 при совпадении символов, стоящих на одинаковых позициях в последовательностях, и уменьшение на  $\frac{1}{2}$  при несовпадении. Тогда оценка  $s$  приведенного на слайде выравнивания будет равна 3.

Определить оценку выравнивания можно разными способами, но смысл будет иметь такое определение, чтобы оценка была мерой того, насколько сильно строки выравнивание похожи друга на друга.

A C E A A F A E  
C E A F D C E

A C E A A F A — E  
— C E A — F D C E

Рис. 1: Последовательности до и после выравнивания.

Примем множество  $\times_{i=1}^N (\bigcup_{L_i=0}^{L_i=\infty} \Sigma^{L_i})$  за пространство элементарных исходов  $\Omega$ . Область значений выравнивания  $Q$  обозначим как  $\bar{\Omega}$ .

## Определение

Оценкой выравнивания называется случайная величина  $s : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{R}$ .

Пусть даны последовательности  $\{X_i\}_{i=1}^N$  и оценка выравнивания  $s$ .

$$s(Q(\{X_i\}_{i=1}^N)) \longrightarrow \max$$

## Оценивание значимости выравнивания

### └ Введение

#### Введение

Пусть даны последовательности  $\{X_i\}_{i=1}^N$  и оценка выравнивания  $s$ .

$$s(Q(\{X_i\}_{i=1}^N)) \longrightarrow \max$$

Пусть даны последовательности  $\{X_i\}_{i=1}^N$ , задача поиска максимума выравнивания  $Q$  на этих строках может интерпретироваться как задача оценки того, насколько сильно похожи между собой.

$$s(Q(\{X_i\}_{i=1}^N)) \longrightarrow \max$$

Сходство последовательностей может отражать функциональные, структурные или эволюционные взаимосвязи объектов, которые описывают эти последовательности. Таким образом вычисление оценки выравнивания последовательностей может быть полезно в задаче определения степени родства биологических организмов путем сравнения их ДНК или РНК, нуклеотидных последовательностей, задаче анализа свойств белков, аминокислотных последовательностей, задаче распознавания речи человека или письменного языка и многих других приложениях.

# Введение

Предположим, что даны строка  $X$  и  $\omega \in \bar{\Omega}$  из  $N$  строк.

## Определение

Выравниванием последовательности  $X$  к выравниванию  $w$  называется отображение  $Q : (X, \bar{\Omega}) \rightarrow \times_{i=1}^{N+1} (\Sigma^{\max_{L \in L_i} (L)})$ , такое что:

1. Возможны вставки символа — в последовательностях.
2. Вставка — на одинаковых позициях во всех последовательностях запрещена.
3. Порядок изначальных символов внутри последовательностей сохраняется.

Примем множество  $(\Omega, \bar{\Omega})$  за пространство элементарных исходов  $\Omega$ . Область значений выравнивания  $Q$  обозначим как  $\bar{\Omega}$ .

## Определение

Оценкой выравнивания последовательности  $X$  к выравниванию  $w$  называется случайная величина  $s : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{R}$ .

4/5

Власенко Д.В.

Оценивание значимости выравнивания

## Оценивание значимости выравнивания

### — Введение

Предположим, что даны строка  $X$  и  $\omega \in \bar{\Omega}$  из  $N$  строк.

## Определение

Выравниванием последовательности  $X$  к выравниванию  $w$  называется отображение  $Q : (X, \bar{\Omega}) \rightarrow \times_{i=1}^{N+1} (\Sigma^{\max_{L \in L_i} (L)})$ , такое что:

1. Возможны вставки символа — в последовательностях.
2. Вставка — на одинаковых позициях во всех последовательностях запрещена.
3. Порядок изначальных символов внутри последовательностей сохраняется.

Примем множество  $(\Omega, \bar{\Omega})$  за пространство элементарных исходов  $\Omega$ . Область значений выравнивания  $Q$  обозначим как  $\bar{\Omega}$ .

## Определение

Оценкой выравнивания последовательности  $X$  к выравниванию  $w$  называется случайная величина  $s : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{R}$ .

### Введение

Предположим, что даны строка  $X$  и  $\omega \in \bar{\Omega}$  из  $N$  строк.

#### Определение

Выравниванием последовательности  $X$  к выравниванию  $w$  называется отображение  $Q : (X, \bar{\Omega}) \rightarrow \times_{i=1}^{N+1} (\Sigma^{\max_{L \in L_i} (L)})$ , такое что:

- 1. Возможны вставки символа — в последовательностях.
- 2. Вставка — на одинаковых позициях во всех последовательностях запрещена.
- 3. Порядок изначальных символов внутри последовательностей сохраняется.

Примем множество  $(\Omega, \bar{\Omega})$  за пространство элементарных исходов  $\Omega$ . Область значений выравнивания  $Q$  обозначим как  $\bar{\Omega}$ .

#### Определение

Оценкой выравнивания последовательности  $X$  к выравниванию  $w$  называется случайная величина  $s : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{R}$ .

При задании оценки таким образом, чтобы она оценивала степень того, насколько строка  $X$  похожа на выравнивания

## Оценивание значимости выравнивания

### └ Введение

Введение

При задании оценки таким образом, чтобы она оценивала степень того, насколько строка  $X$  похожа на выравнивания

Так как последовательности описывают некоторые объекты, то введенную на предыдущем слайде оценку можно интерпретировать как оценку того, насколько сильно новая последовательность  $X$  близка к множеству последовательности, на которых было построено выравнивание  $\omega$ .

Встает вопрос того, как интерпретировать величину этой оценки:

- достаточно ли высокая эта оценка, чтобы считать объект, описываемый последовательностью  $X$ , родственным к объектам, описываемым выравниванием  $\omega$ , или шум, т.е. случайная последовательность, мог получить такую оценки.
- достаточно ли низкая эта оценка, чтобы считать объект описываемый последовательностью  $X$ , не родственным к объектам, описываемым выравниванием  $\omega$ , или сигнал, т.е. последовательность, описывающая взаимосвязанный с множеством объект, мог получить такую оценку.