

Программная реализация скрытых марковских процессов и алгоритмов их анализа



Научный руководитель:
профессор физ.-мат. наук,
Пилиди В. С.

Выпускная квалификационная работа
на степень магистра
информационных технологий
магистра 2 года обучения
Банарь О.В.

Направление подготовки 010400 — «Информационные технологии»

Постановка задачи

Создать библиотеку классов, позволяющую создавать скрытые марковские модели, а также решать канонические проблемы теории СММ

Элементы СММ (1)

- N — число состояний модели

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$ — множество скрытых состояний модели

- M — количество символов наблюдения

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$ — множество наблюдаемых символов, порождаемых моделью

Элементы СММ (2)

- Матрица переходных вероятностей

$$A = \{a_{i,j}\}, a_{i,j} = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i), 1 \leq i, j \leq N$$

- Распределение вероятностей появления символов наблюдения для каждого состояния

$$B = \{b_j(k)\} = P[v_k \text{ at } t | q_t = S_j], 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M$$

- Начальное распределение вероятностей

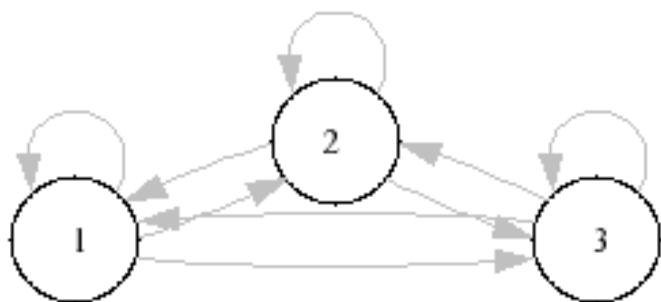
$$\pi = \{\pi_i\}, \pi_i = P(q_1 = S_i), 1 \leq i \leq N$$

Основные проблемы теории СММ

- По наблюдениям $O = O_1, O_2, \dots, O_T$ для модели $\lambda = (A, B, \pi)$ найти $P(O|\lambda)$
- По наблюдениям $O = O_1, O_2, \dots, O_T$ для модели $\lambda = (A, B, \pi)$ найти оптимальный путь $Q = q_1, q_2, \dots, q_T$
- Подстроить параметры модели $\lambda = (A, B, \pi)$, для того чтобы максимизировать $P(O|\lambda)$

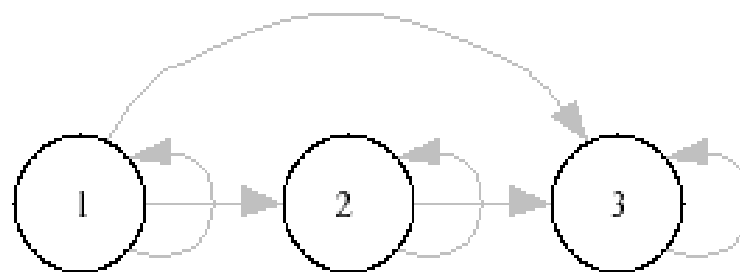
Типы СММ

□ Эргодическая модель



$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \end{pmatrix}$$

□ Лево-правая модель (модель Бакиса)



$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ 0 & a_{2,2} & a_{2,3} \\ 0 & 0 & a_{3,3} \end{pmatrix}$$

Библиотека HMMLibrary

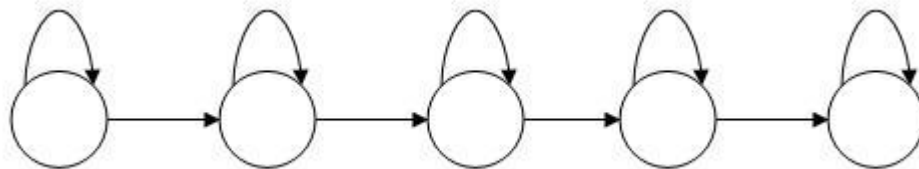
- Создание СММ
- Генерация наблюдений для СММ
- Сравнение СММ
- Алгоритмы прямого-обратного хода
- Алгоритм Витерби
- Алгоритм обучения Баума-Уэлча

Особенности реализации

- Масштабирование
- Множественные цепочки наблюдений
- Начальная оценка параметров модели

Пример распознавания букв (1)

- Структура состояний модели



- Наблюдения – количество закрашенных участков в вертикальном слое



Пример распознавания букв (2)

СММ для буквы «А»:

$$\pi = (1.0 \quad 0.0 \quad 0.0)$$

$$A = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.2 & 0.0 \\ 0.0 & 0.8 & 0.2 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix}$$

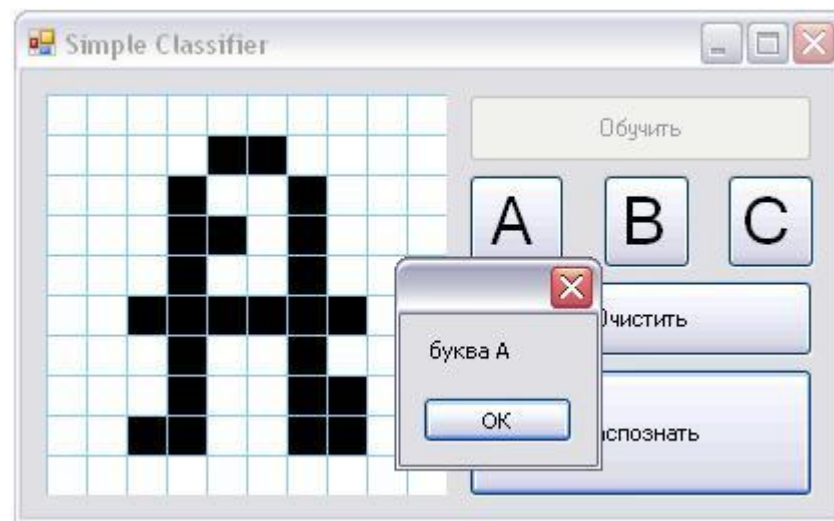
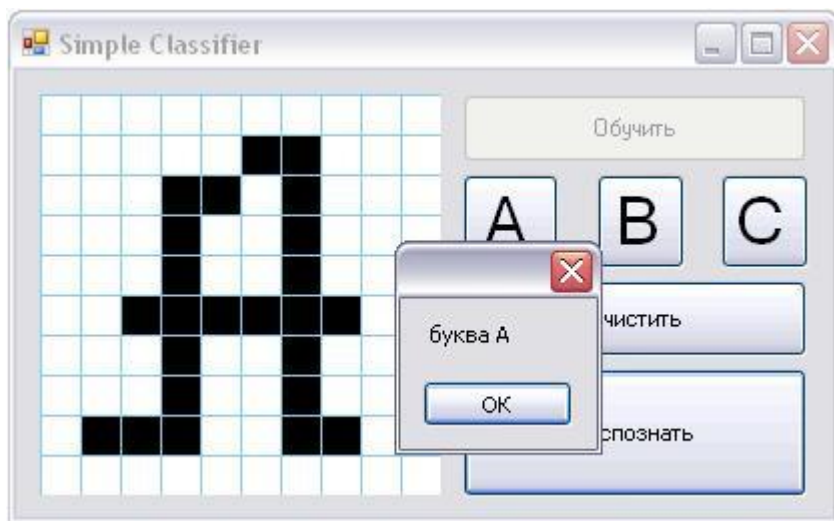
$$B = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 & 0.0 \\ 0.1 & 0.8 & 0.1 \\ 0.9 & 0.1 & 0.0 \end{pmatrix}$$



Пример распознавания букв (3)

□ $O - \{1, 2, 1, 2, 2, 1, 2\}$

□ $O - \{2, 1, 3, 2, 1, 2\}$



Результаты

- Была создана библиотека для работы со скрытыми марковскими моделями, позволяющая решать канонические проблемы теории СММ
- Были разработаны приложения, иллюстрирующие работу библиотеки