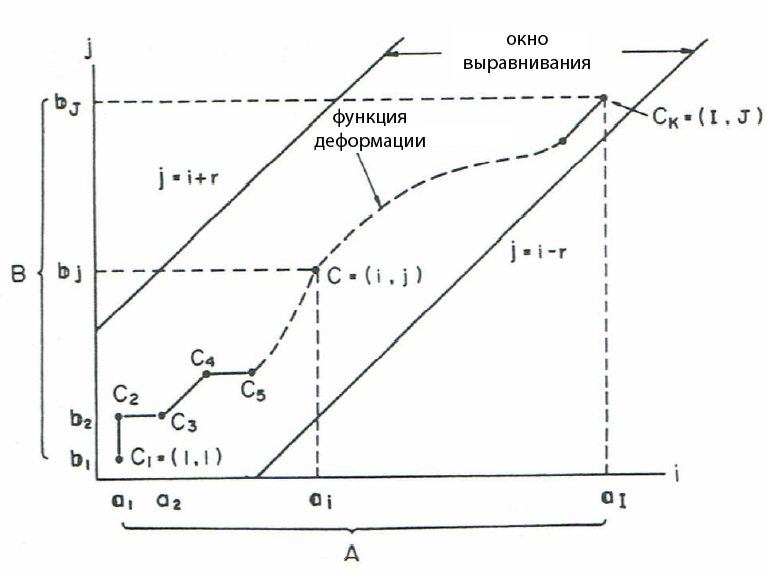
**Алгоритм сравнения речевых сигналов с применением динамического программирования (DTW)**

Алгоритм динамического трансформирования времени (DTW) вычисляет оптимальную последовательность трансформации (деформации) времени между двумя временными рядами. Алгоритм вычисляет оба значения деформации между двумя рядами и расстояние между ними.

Предположим, что есть две числовые последовательности и . Длина двух последовательностей может быть различной.

Временные различия между A и B могут быть описаны с помощью некоторой последовательности :

где . Данная последовательность представляет собой функцию, которая позволяет отобразить временную ось A на временной оси B. Назовем ее функцией деформации. [H. Sakoe and S. Chiba, “Dynamic programming optimization for spoken word recognition”, IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process., Vol. ASSP-26, No. 1, Feb. 1978]



Функция деформации и окно выравнивания

Алгоритм начинается с расчета локальных расстояний между элементами двух последовательностей. Самый распространенный способ для вычисления расстояний является метод, рассчитывающий модуль разности между значениями двух элементов (Евклидова метрика). В результате получаем матрицу расстояний, имеющую I строк и J столбцов общих членов:

Взвешенная сумма значений метрик в точках, принадлежащих функции деформации F

(где - неотрицательный весовой коэффициент) является мерой доброкачественности функции F. Она принимает минимальное значение, когда функция F оптимально выравнивает временные различия между A и B. Минимальное остаточное расстояние между A и B, которое остается после устранения временных различий, может служить мерой различия речевых последовательностей A и B

Существует три условия, налагаемых на DTW алгоритм для обеспечения быстрой конвергенции:

• Монотонность – путь никогда не возвращается, то есть: оба индекса, i и j, которые используются в последовательности, никогда не уменьшаются.

• Непрерывность – последовательность продвигается постепенно: за один шаг индексы i и j, увеличиваются не более чем на 1.

• Предельность – последовательность начинается в (1,1) и заканчивается в (I,J).

Практическая реализация данного алгоритма представляет собой нахождение значения нормированного расстояния

где K – размерность вектора c

Для этого необходимо вычислить матрицу разностей d, используя, например, Евклидовы метрики

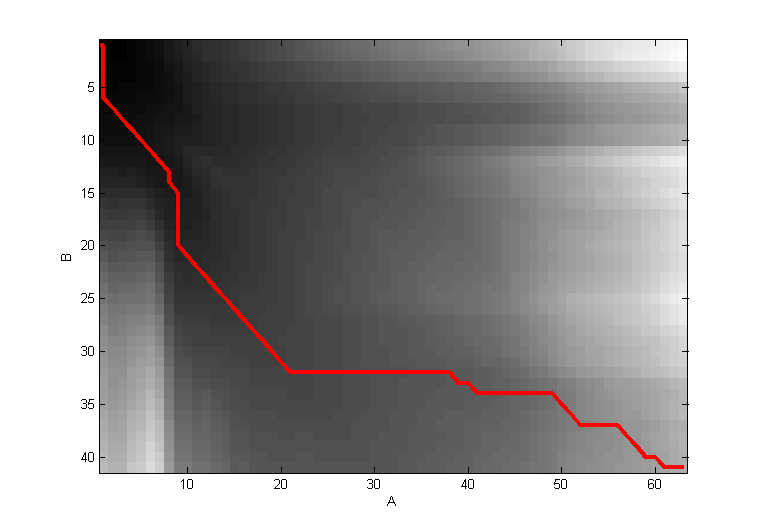
можно найти из уравнения:

Начальное условие:

Из ограничений следует, что ,

В данном случае нормированное расстояние можно записать как

где I,J – размерности матрицы d



Пример нахождения функции деформации

С помощью данного алгоритма производится сравнение анализируемого сигнала с сохраненными в памяти компьютера эталонами. В результате выбирается пара с минимальной дистанцией и делается вывод о соответствии сигнала слову из словаря. Результат сравнения слова «четыре» со словарем можно видеть на рис. (Меньшее значение дистанции означает большее сходство).

