

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии
Отчет по преддипломной практике

Программа прогнозирования нечетких временных рядов на основе Z-чисел

Место прохождения практики: ДПИ ФКН НИУ ВШЭ

Научный руководитель: Доцент
департамента программной
инженерии, к.т.н.
Дегтярев К.Ю.

Выполнил студент группы БПИ 131
Образовательной программы
09.03.04 “Программная
инженерия” Богданова А.С.

Предметная область

- **Прогнозирование временных рядов**
 - регрессионные модели
 - авторегрессионные модели
 - модели экспоненциального сглаживания
 - модели на нейронных сетях
 - **модели на нечеткой логике**
 - ...

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Под **нечетким множеством** A понимается совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x универсального множества X и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Функция принадлежности указывает, в какой степени элемент x принадлежит нечеткому множеству A , и принимает значения в интервале $[0, 1]$

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Нечеткое число – это нечеткое выпуклое нормальное множество A , определенное на множестве действительных чисел R .

Динамика курса доллара

- имеются значения функции за n периодов и нужно спрогнозировать значение в точке $n + 1$



Базовый подход к прогнозированию

- Построение модели прогнозирования
 - * Разбиение области значений ряда
 - * Фаззификация
 - * Построение групп логических отношений
- Этап прогнозирования

Разбиение области значений

- равные интервалы
- четкие границы
- пересечение интервалов

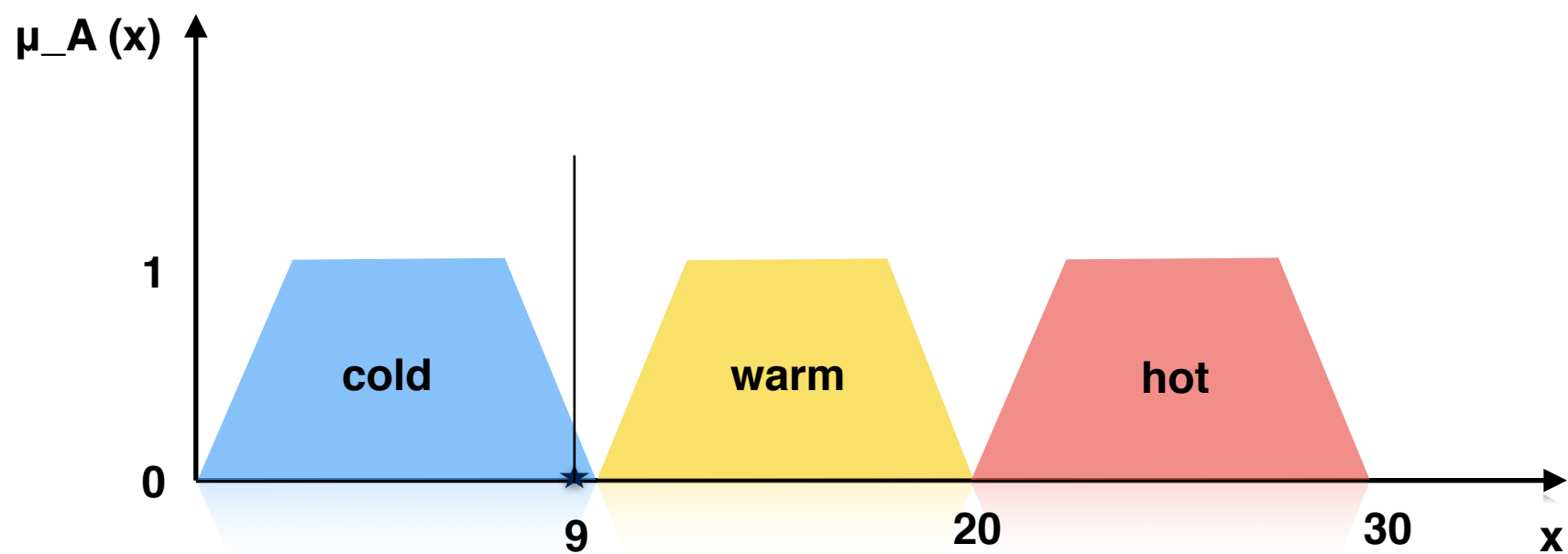


Рисунок 1. Непересекающиеся множества

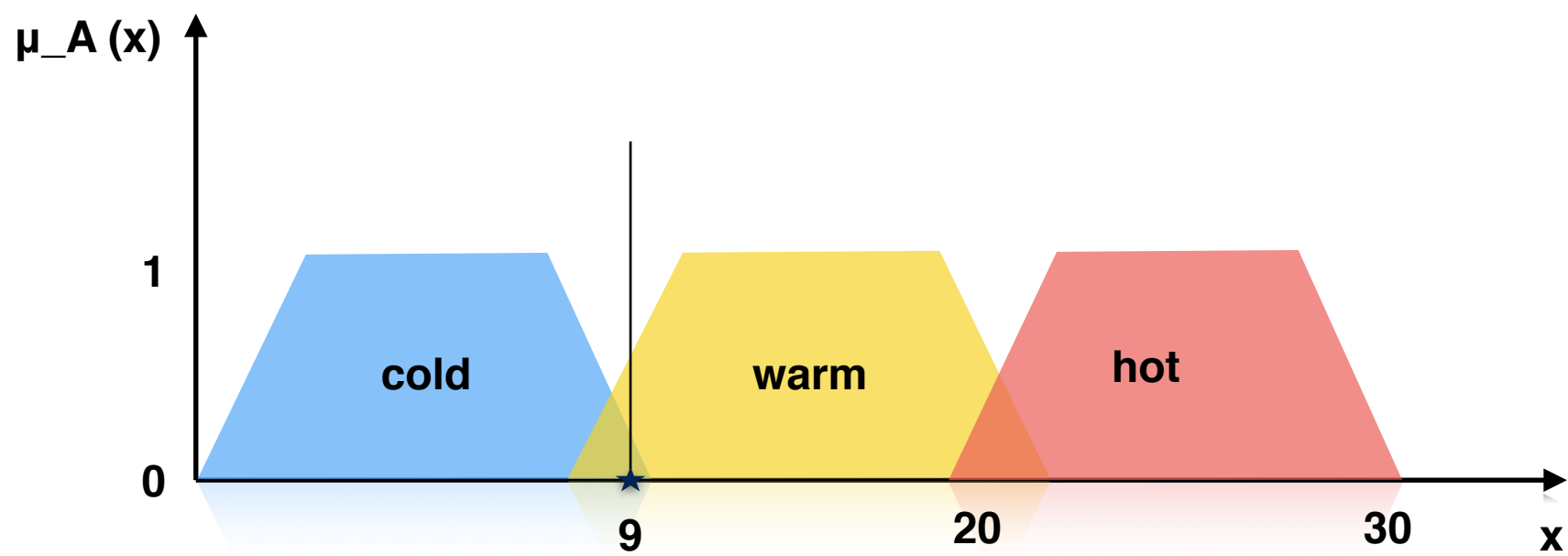
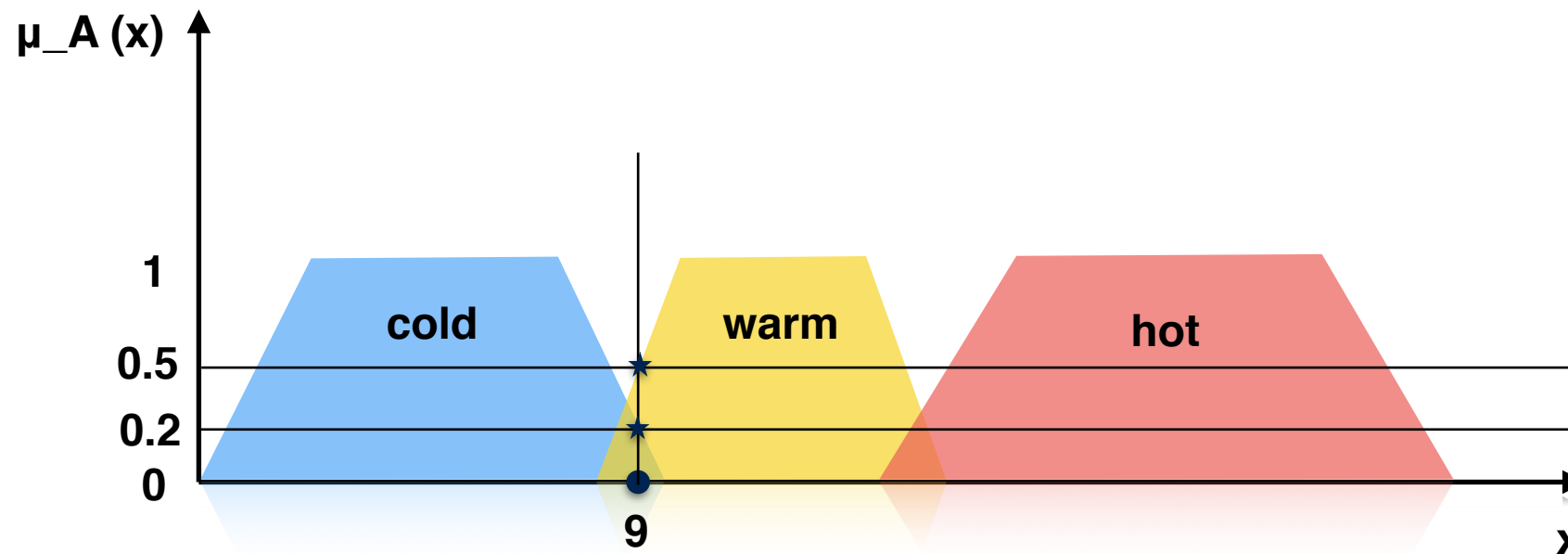


Рисунок 2. Пересекающиеся множества

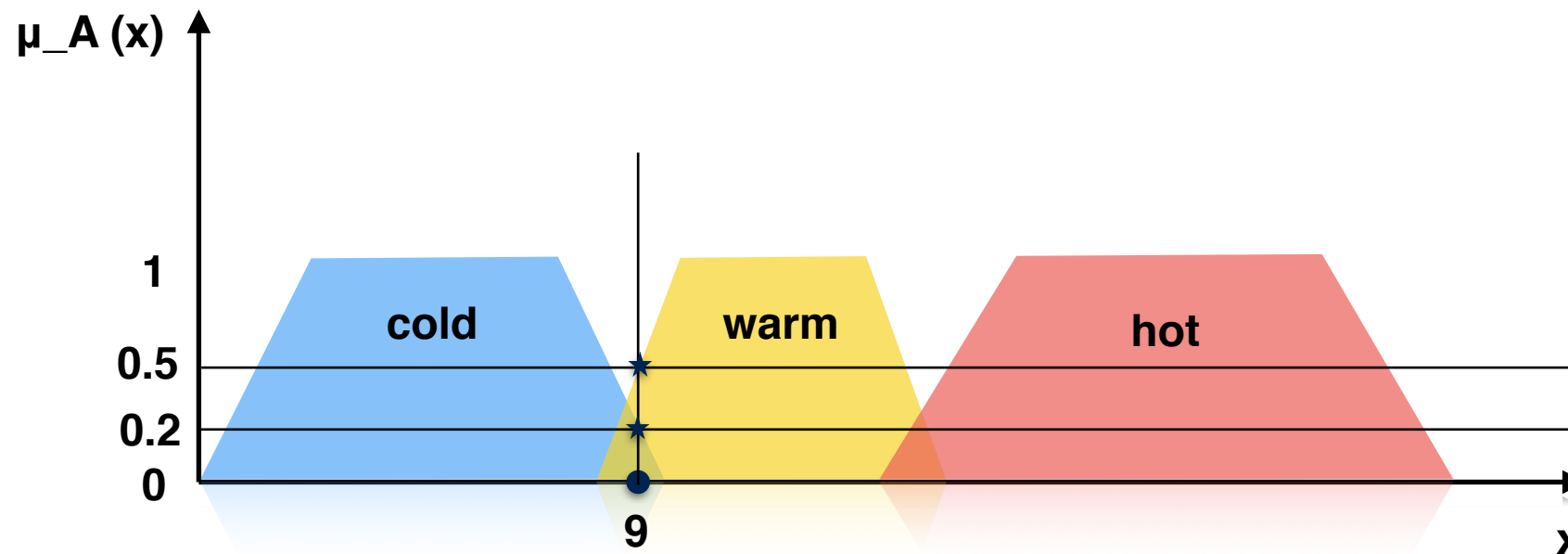
Фаззификация



Элемент нечеткого множества $(x, \mu_A(x))$,

- для множества «cold» (9, 0.2)
- для множества «warm» (9, 0.5)

Фаззификация



Элемент нечеткого множества $(x, \mu_A(x))$,

- для множества «cold» ~~$(9, 0.2)$~~
- для множества «warm» $(9, 0.5)$

Потеря информации

Уровни описания неопределенности

- Intervals
- Type-1 Membership Functions
- Type-2 Membership Functions
 - - General case
 - - Interval -based
- Z-numbers (2011)
- U-numbers (2016)

Z-number

Z-число – **пара нечетких чисел** $X = (A, B)$, где « A » - это ограничение на значение « X », а « B » - ограничение на степень уверенности в том, что « X » принимает значение « A ».

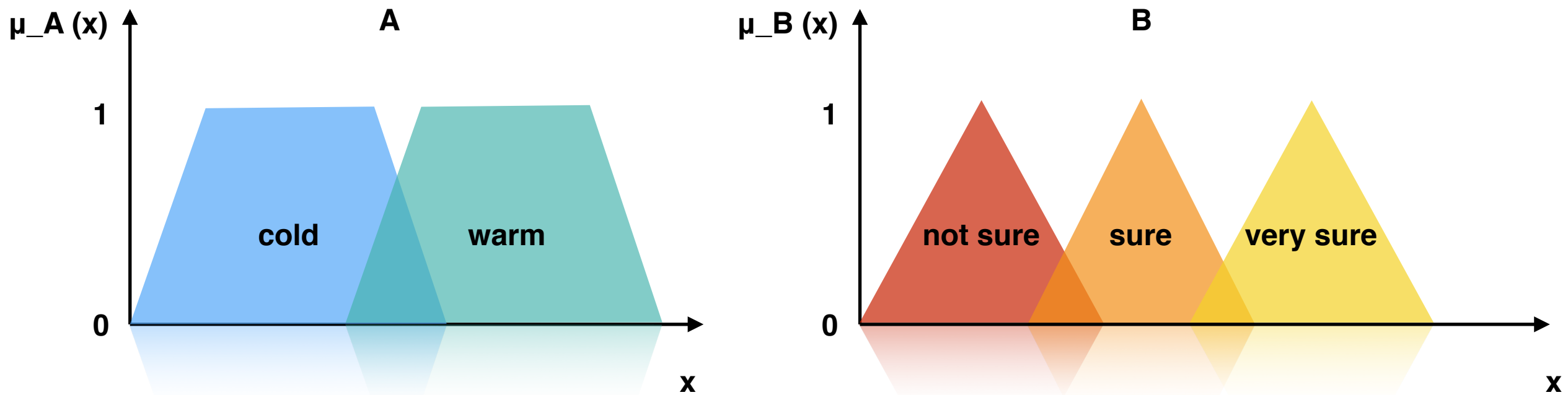


Рисунок 3. Z-число

Цель

- Создание программы, позволяющей прогнозировать нечеткие временные ряды с использованием Z -чисел, основанных на восприятии (perception-based Z -numbers)

Задачи

- Изучение основных принципов прогнозирования с помощью нечеткой логики
- Изучение предложенных подходов по работе с Z-числами
- Разработка алгоритма для работы с Z-числами, основанными на восприятии (perception-based Z-numbers)
- Разработка программы, реализующей предложенный алгоритм

Предложенный подход

Решение

- четкая кластеризация с расширением границ
- нечеткая кластеризация

Результат кластеризации

	1	2	...		C
1	$\mu_A(x)$				
2		...			
...					
N					

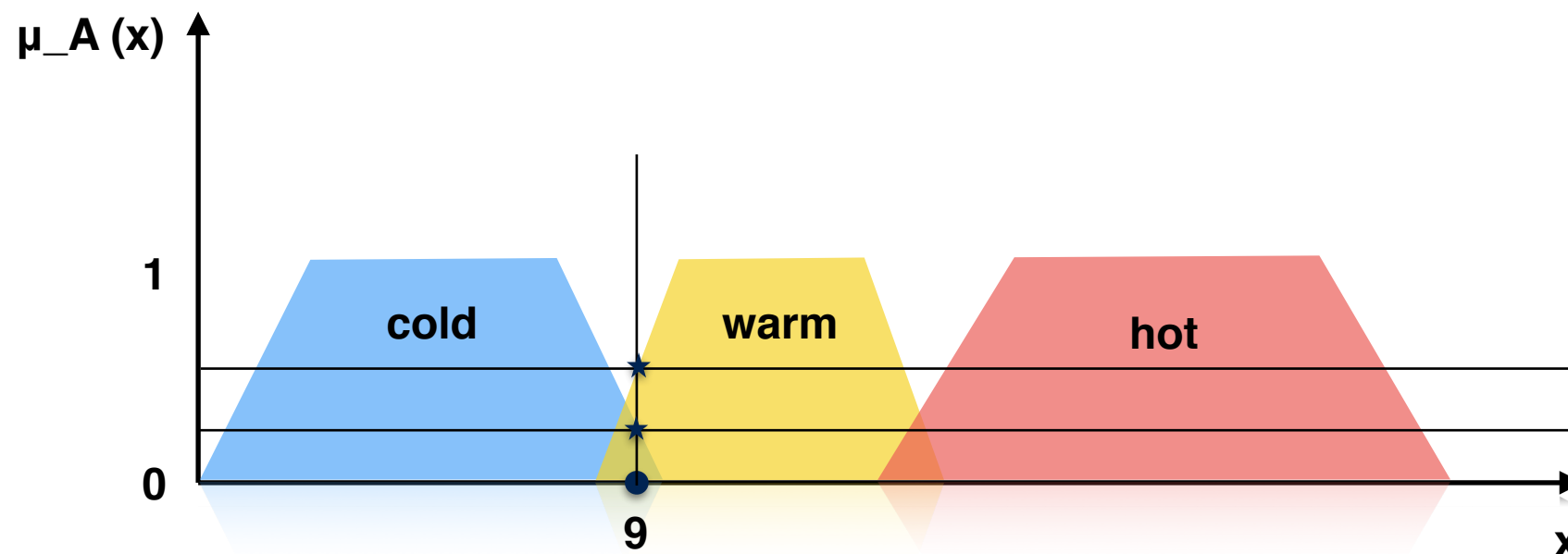
N - количество значений временного ряда

C - количество кластеров

$\mu_A(x)$ - степень принадлежности значения кластеру

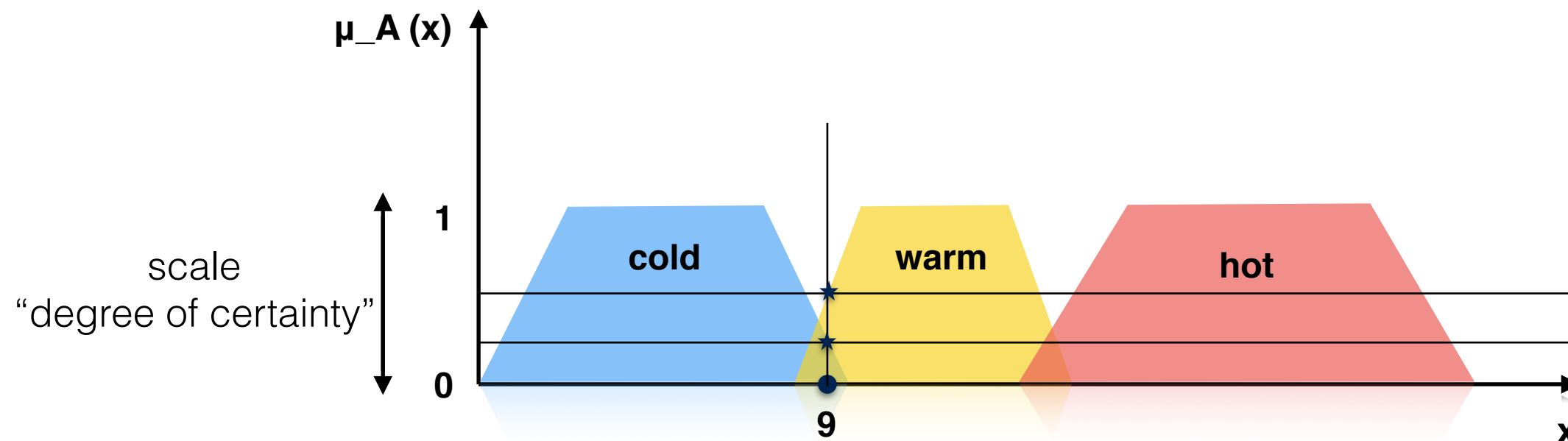
Возвращаемся к
представлению нечеткого
временного ряда

Perception-based Z-number



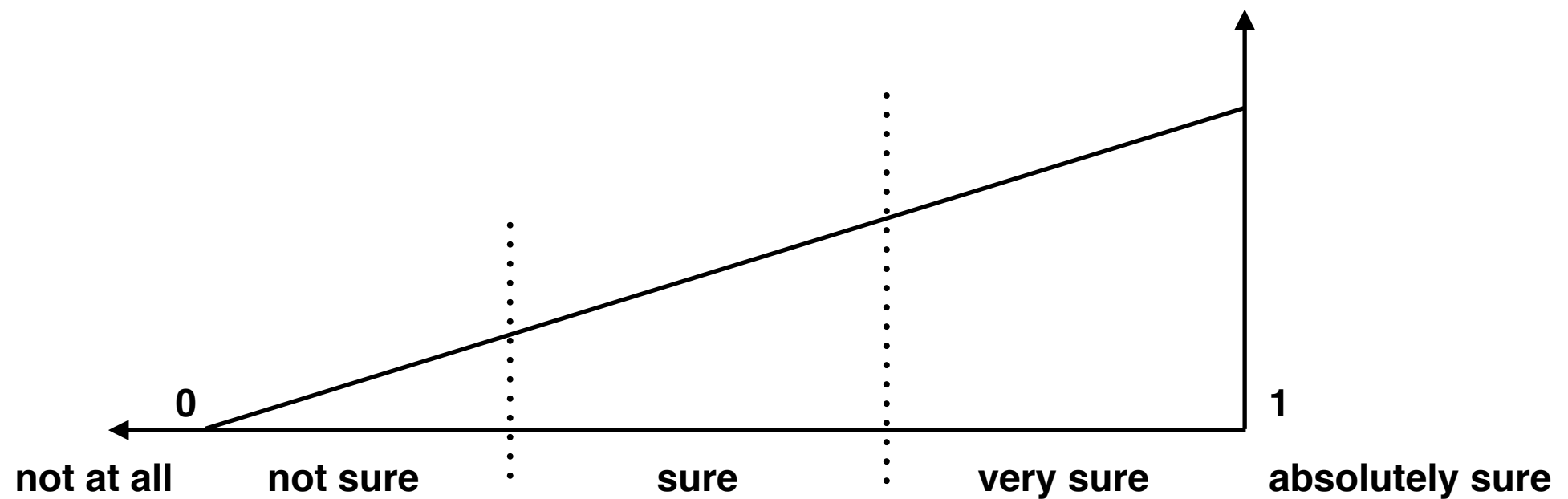
- perception-based Z-number = (*cluster*, *degree of certainty*)

Perception-based Z-number

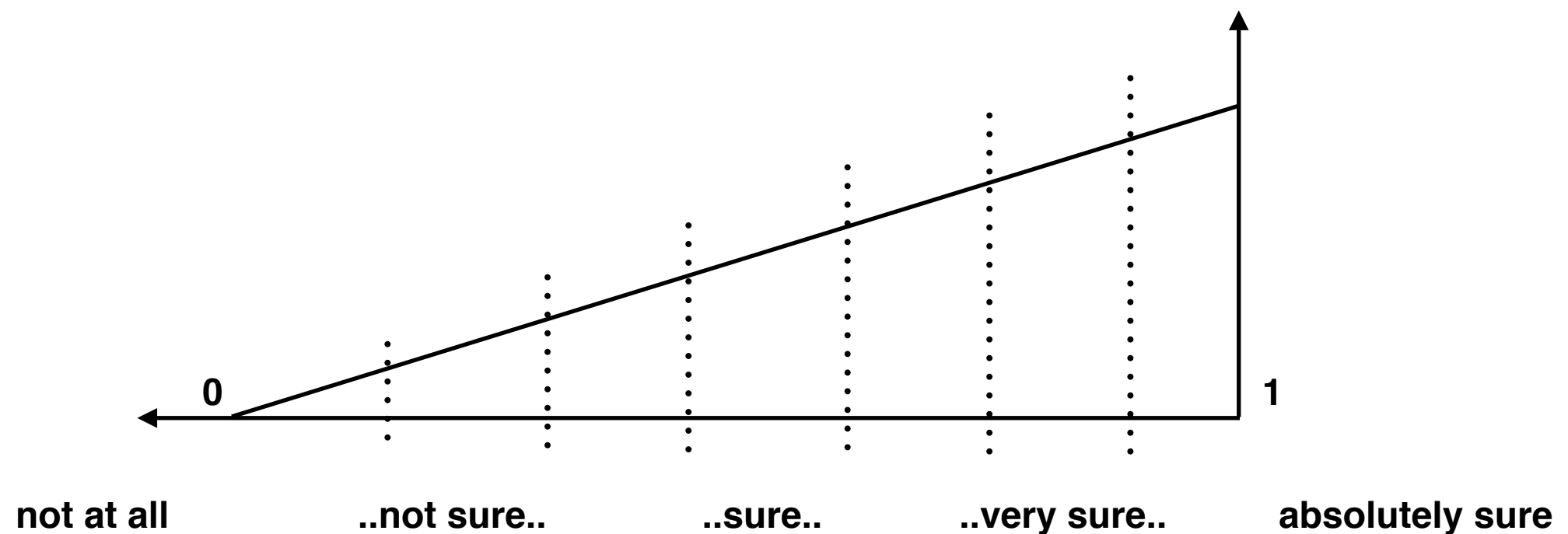


- perception-based Z-number = (*cluster*, *degree of certainty*)

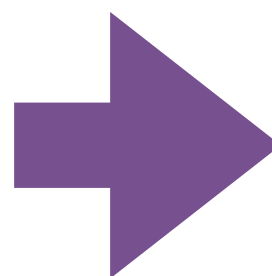
Шкала степени уверенности



Шкала степени уверенности



матрица со
степенями
принадлежности
кластерам



закодированная
последовательность
с использованием
Z-чисел

Закодированная последовательность

$$\begin{aligned}x_1 &= (cluster_1, degree\ of\ certainty) \dots (cluster_c, degree\ of\ certainty) \\x_2 &= (cluster_1, degree\ of\ certainty) \dots (cluster_c, degree\ of\ certainty) \\&\dots \\x_N &= (cluster_1, degree\ of\ certainty) \dots (cluster_c, degree\ of\ certainty)\end{aligned}$$

x_i – значение из временного ряда ($i = 1 \dots N$)

N – количество элементов временного ряда

C – количество кластеров

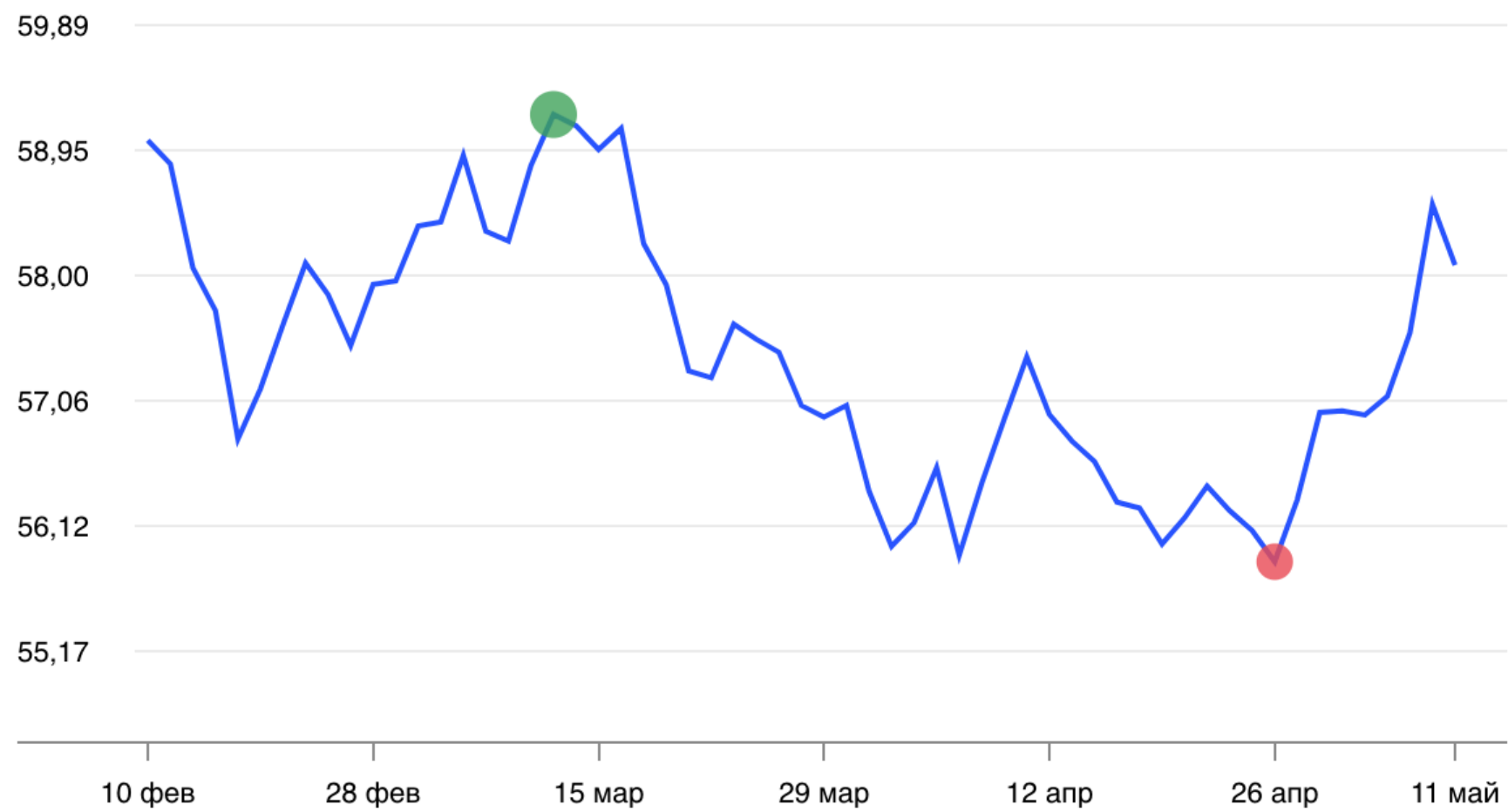
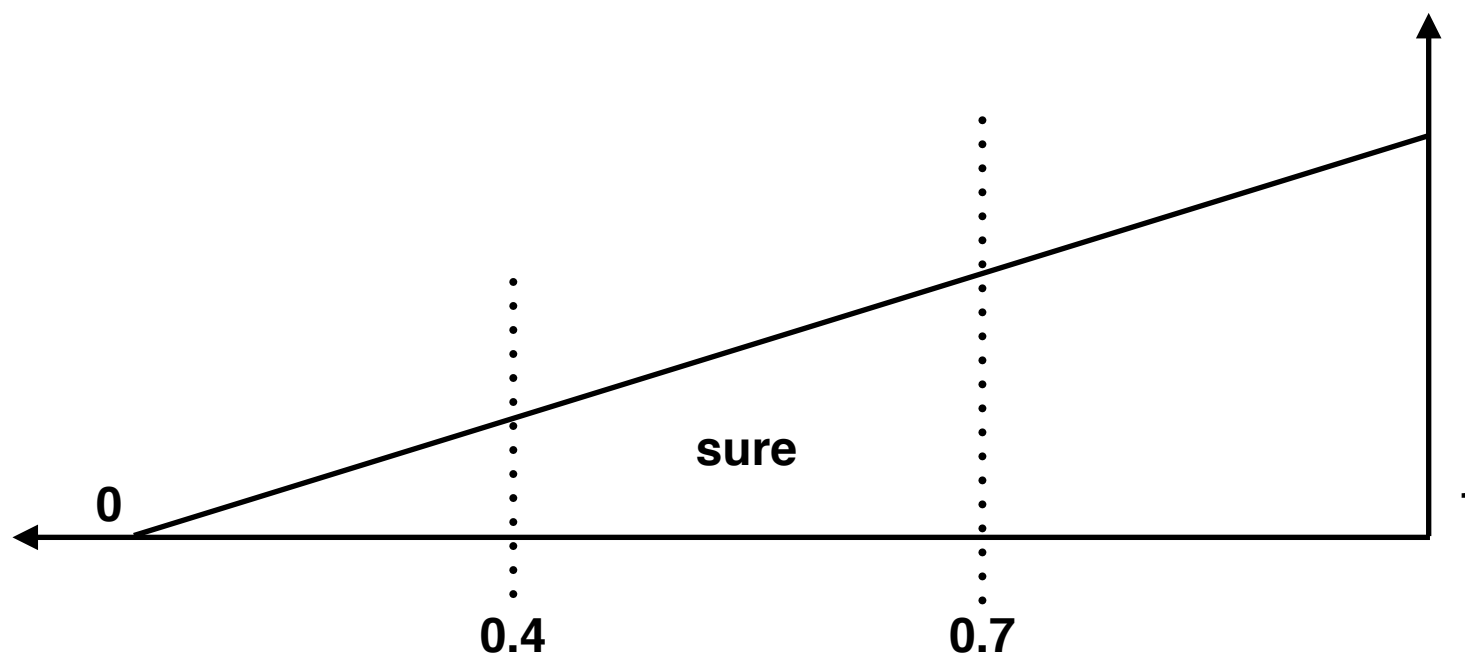


Рисунок 4. Динамика курса доллара

Сравнение



x_1 и x_2 принадлежат одному кластеру $cluster_A$ со степенями принадлежности 0.5 и 0.6
соответственно

$$x_1 = (cluster_A, sure)$$

$$x_2 = (cluster_A, sure)$$

Прогнозные значения

- Агрегированный результат (в виде Z -чисел)
- Дефаззификация

Параметры

- число кластеров
- число итераций
- фаззификатор
- шкала степеней уверенности
- глубина поиска
- процентное соотношение числа объектов, используемых при агрегации прогнозного значения

Горизонт прогнозирования

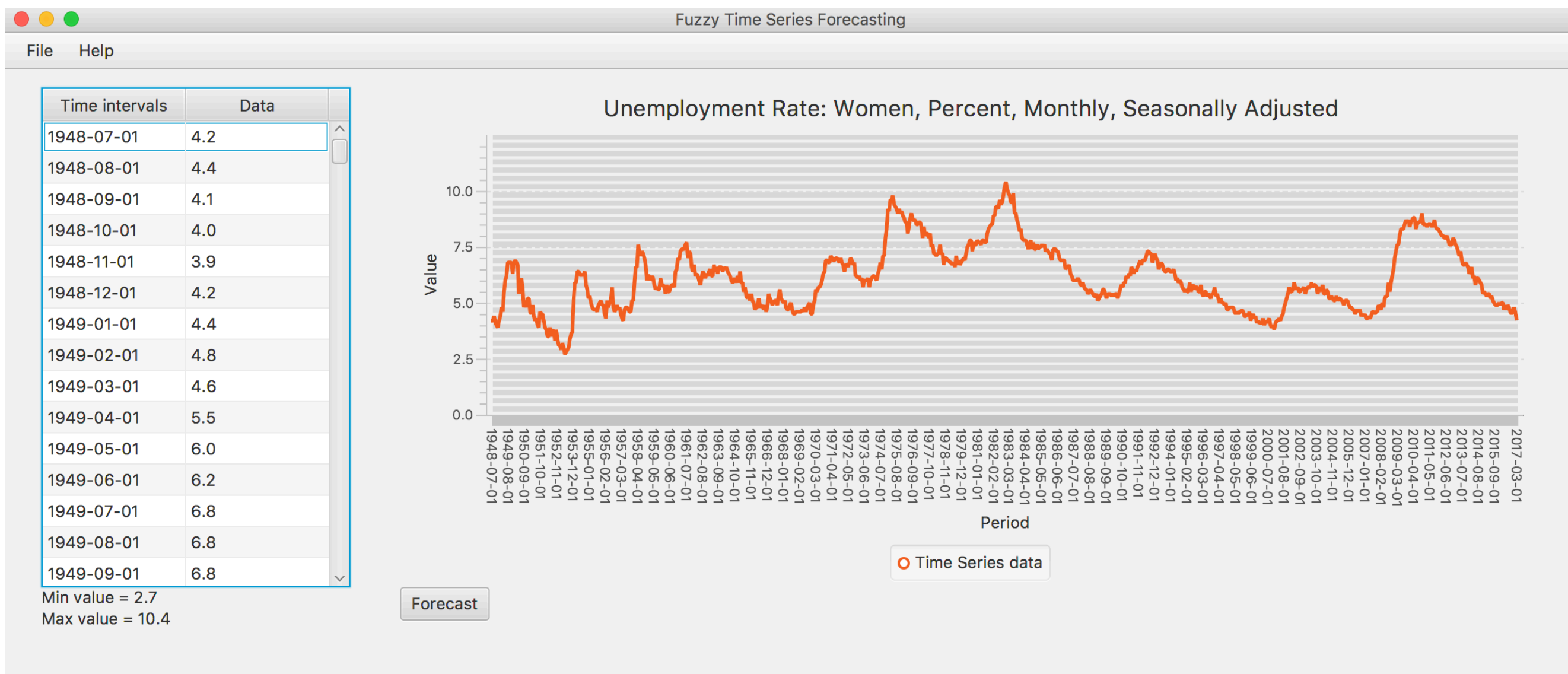
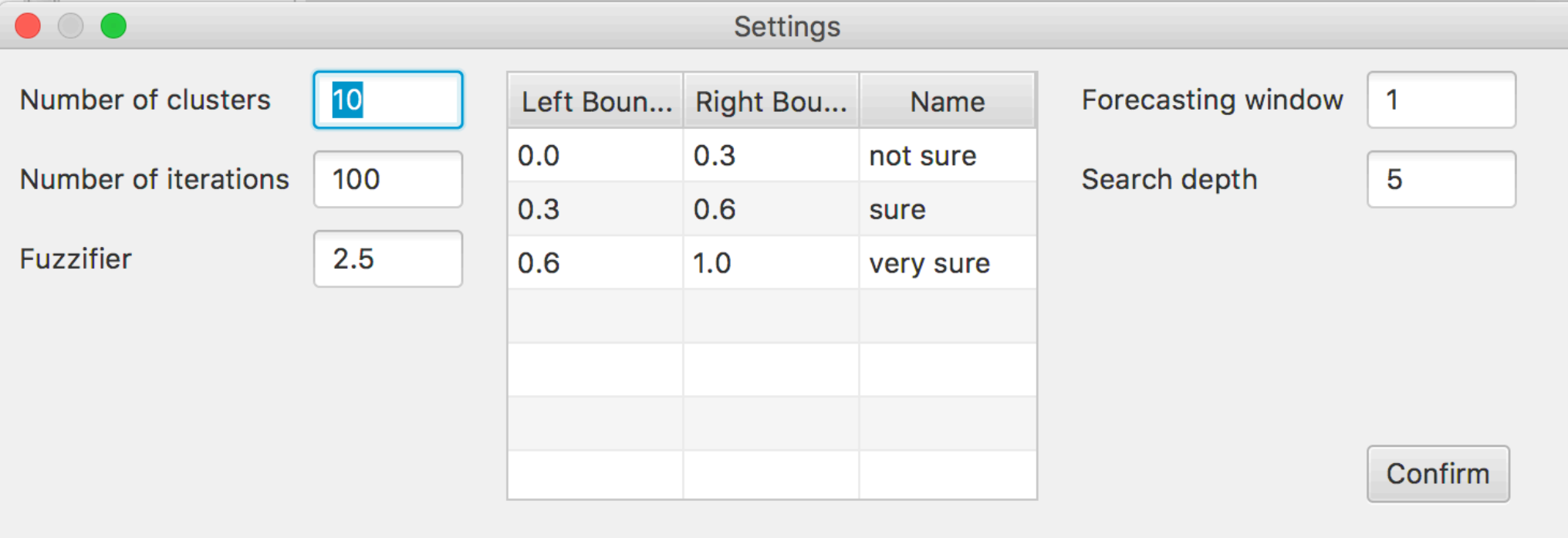


Рисунок 5. Визуальное представление числового временного ряда



The image shows a 'Settings' window with a light gray background and a title bar with standard macOS window controls (red, yellow, green buttons). The window is divided into several sections. On the left, there are three input fields: 'Number of clusters' with the value '10' (highlighted with a blue border), 'Number of iterations' with the value '100', and 'Fuzzifier' with the value '2.5'. In the center, there is a table with three columns: 'Left Boun...', 'Right Bou...', and 'Name'. The table contains three rows of data: (0.0, 0.3, not sure), (0.3, 0.6, sure), and (0.6, 1.0, very sure). Below these rows are four empty rows. On the right, there are two more input fields: 'Forecasting window' with the value '1' and 'Search depth' with the value '5'. At the bottom right, there is a 'Confirm' button.

Left Boun...	Right Bou...	Name
0.0	0.3	not sure
0.3	0.6	sure
0.6	1.0	very sure

Рисунок 6. Настройки прогнозирования

Результаты (программа)

	Процент реализации
Четкая кластеризация с расширением границ	100 %
Нечеткая кластеризация	100 %
Кодирование с использованием Z-чисел	100 %
Переопределенное сравнение элементов	60-70 %
Получение степеней схожести для групп значений	90 %
Агрегация результата	30 %
Дефаззификация	0 %

Результаты (текст работы)

	Процент выполнения
Обзор источников	90 %
Теоретические основы работы	80 %
Технологии разработки программы	10 %

Технологии и инструменты реализации

- Java 1.8
- Java FX
- IntelliJ Idea
- Java FX Scene Builder
- Библиотека Efficient Java Matrix Library
- git

Спасибо за
внимание!