

Автоматизированная система  
прогнозирования  
финансовых временных рядов с  
применением  
многослойного персептрона  
Выпускная квалификационная работа  
бакалавра

Выполнила:  
студентка группы 6402 Хохлова В.С.



Руководитель работы:  
к.т.н. доцент Лёзина И.В.

Самара  
2012

# Функции системы

- Автоматизация процесса прогнозирования финансовых временных рядов
- Обеспечение графического представления данных прогнозирования
- Сохранение и загрузка обученной сети
- Возможность дообучения сети на новых данных

# Системы-аналоги

Название инструмента	Сфера применения	Реализуемые модели	Требуемая подготовка пользователя	Стоимость, руб.
Statistica, SPSS, E-views, Gretl	исследовательская	широкий спектр регрессионных, нейросетевые	специальное математическое образование	E-views , однопользовательская лицензия, от 3100
ForecastPro, ForecastX	бизнес-прогнозирование	алгоритмические	не требуются глубокие знания	35 000
iLog, AnyLogic, iThink, Matlab Simulink, GPSS	разработка приложений, моделирование	имитационные, алгоритмические, регрессионные, нейросетевые	требуется специальное математическое образование	Simulink, учебная лицензия от 2600
Разработанная система прогнозирования	бизнес-прогнозирование	нейросетевые	базовые знания нейронных сетей	свободно распространяемое ПО

# Сигмоидальный нейрон

$$u_k = \sum_{j=1}^N w_{kj} x_j$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k)$$

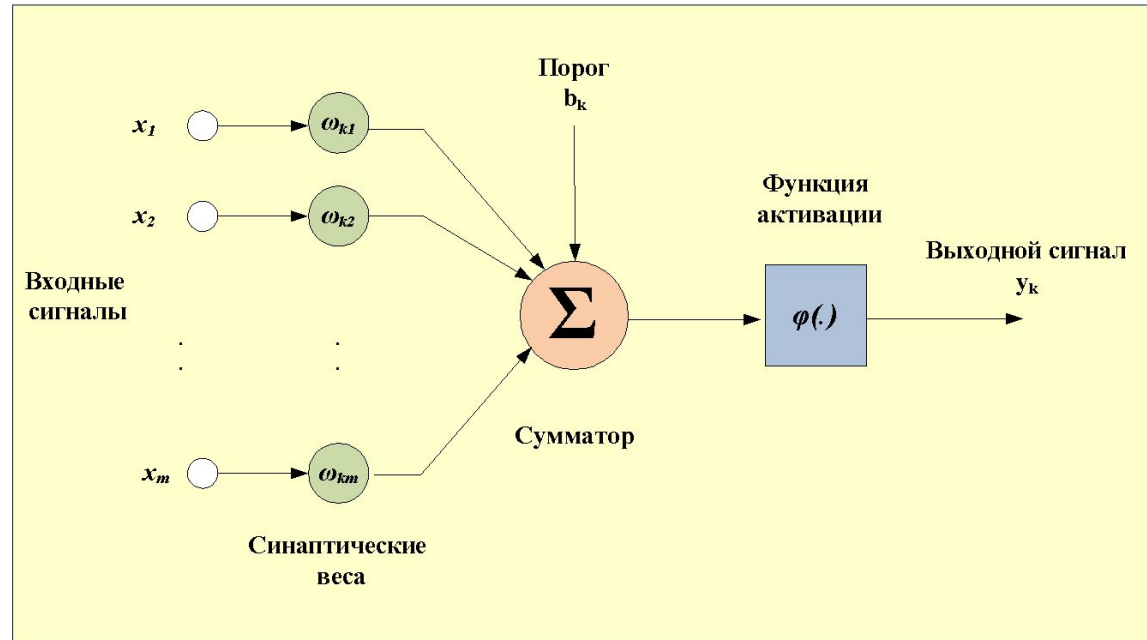
$x_j$  – входные  
сигналы

$w_{kj}$  –  
синаптические  
веса нейронов

$\varphi$  – функция  
активации

$y_k$  – выходной сигнал  
нейрона

$u_k$  – линейная комбинация входных  
воздействий



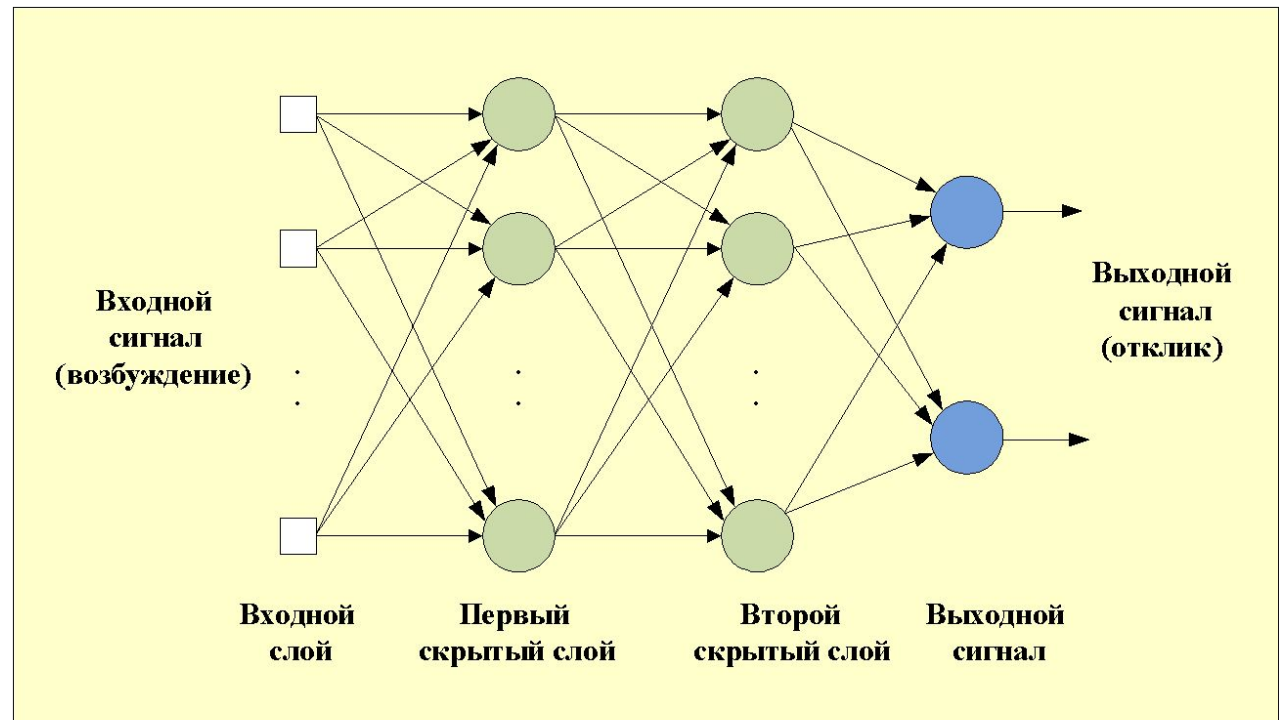
Логистическая функция  
активации

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-kx}}$$

# Структура нейронной сети

Выход 1  
скрытого слоя  
нейронной  
сети:

$$v_i = f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right)$$



В случае 1 скрытого слоя:  
на значение выходного  
сигнала влияют веса обоих  
слоев.

$$y_s = f\left(\sum_{i=0}^K w_{si}^{(2)} v_i\right) = f\left(\sum_{i=0}^K w_{si}^{(2)} f\left(\sum_{j=0}^N w_{ij}^{(1)} x_j\right)\right)$$

# Градиентный метод обучения: алгоритм наискорейшего спуска

1  $\{(x(n), d(n))\}_{n=1}^N$   $x(n)$  – входные данные,  $d(n)$  - желаемый отклик

2 Прямой проход

Индукцированные локальные поля  
нейронов:

$$y_j^{(l)}(n) = \varphi_j(v_j(n)),$$

Выходные  
сигналы:

$$y_j^{(0)}(n) = x_j(n).$$

$$v_j^{(l)} = \sum_i w_{ji}^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n)$$

Ошибка  $e_j(n) = d_j(n) - o_j(n)$

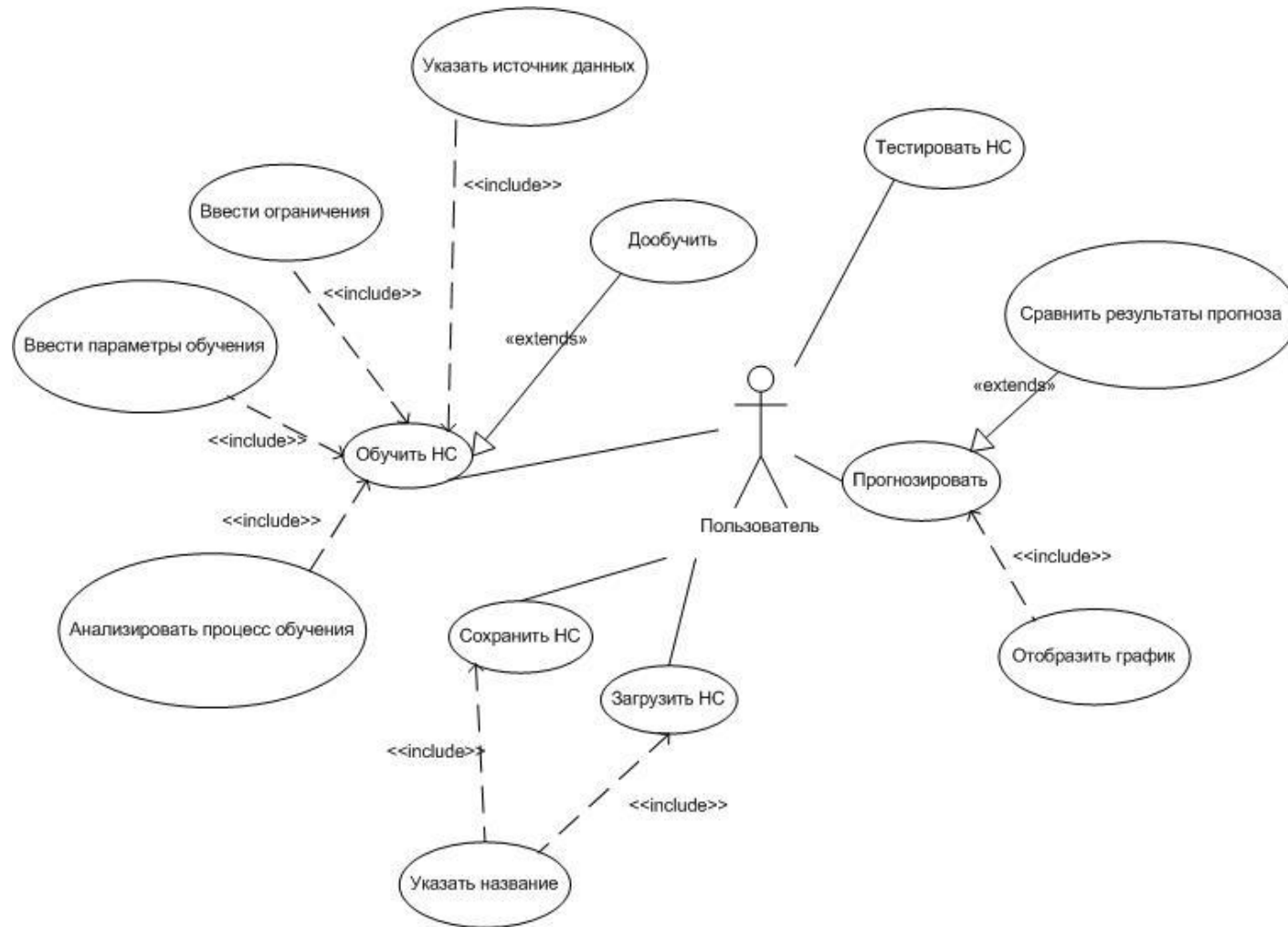
3 Обратный  
проход

Локальные градиенты:

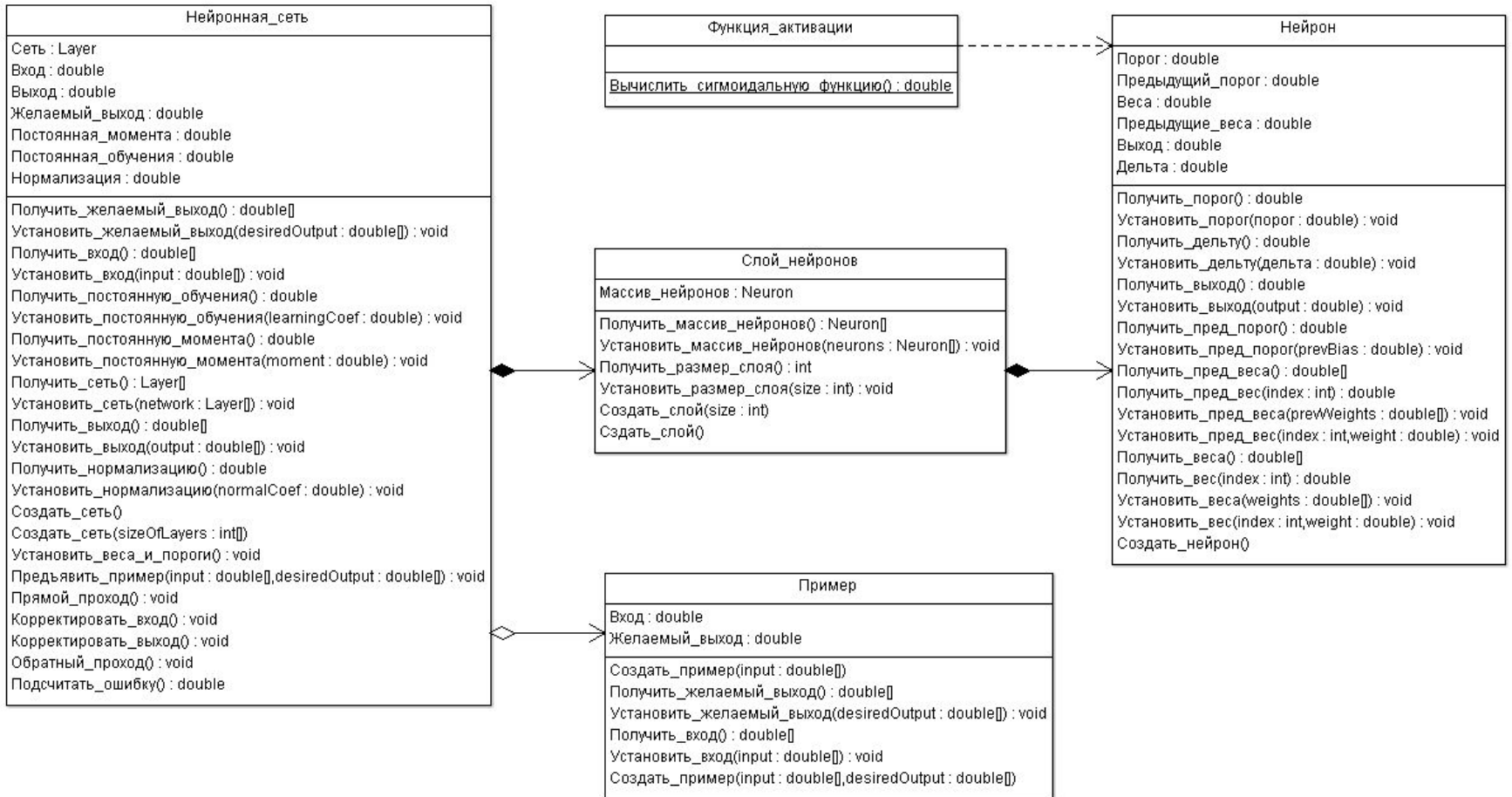
$$\delta_j^{(l)}(n) = \begin{cases} e_j^{(L)}(n) \varphi_j'(v_j^{(L)}(n)) \\ \varphi_j'(v_j^{(l)}(n)) \sum_k \delta_k^{(l+1)}(n) \delta_{kj}^{(l+1)}(n) \end{cases}$$

Изменение весов:  $w_{ji}^{(l)}(n+1) = w_{ji}^{(l)}(n) + \alpha[w_{ji}^{(l)}(n-1)] + \eta \delta_j^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n)$

# Диаграмма вариантов использования



# Диаграмма сущностных классов





# Индекс Доу-Джонса

Доу-Джонс является старейшим среди существующих американских рыночных индексов. Этот индекс был создан для отслеживания развития промышленной составляющей американских

# DOW JONES



Индекс охватывает **30 крупнейших компаний США**. Приставка «промышленный» является данью истории — в настоящее время многие из компаний, входящих в индекс, не принадлежат к этой отрасли.

# Тестирование нейронной сети

Для обучения и тестирования сети прогнозирования индекса Доу-Джонса использовались выборка значений индекса за период с 26.01.2012 по 26.03.2012.

Значения за первый месяц использовались для обучения нейронной сети, значения второго месяца использовались для тестирования сети.

Среднеквадратическое отклонение (СКО) рассчитывалось по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$x_i$  – значение, которое спрогнозировала сеть

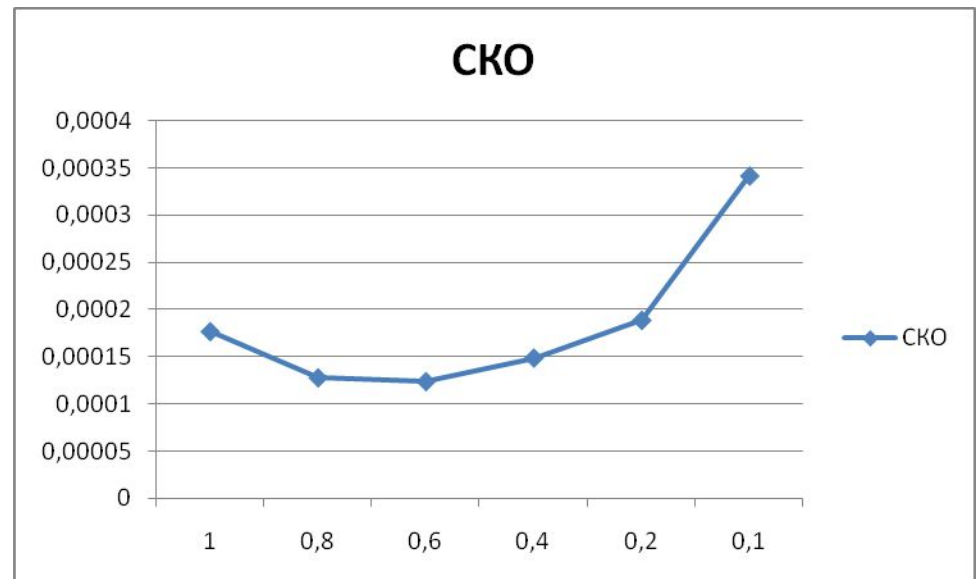
$\bar{x}$  – фактическое значение

$n$  – количество примеров тестирования

# Зависимость эффективности алгоритма обучения от значения коэффициента обучения

Параметры обучения:

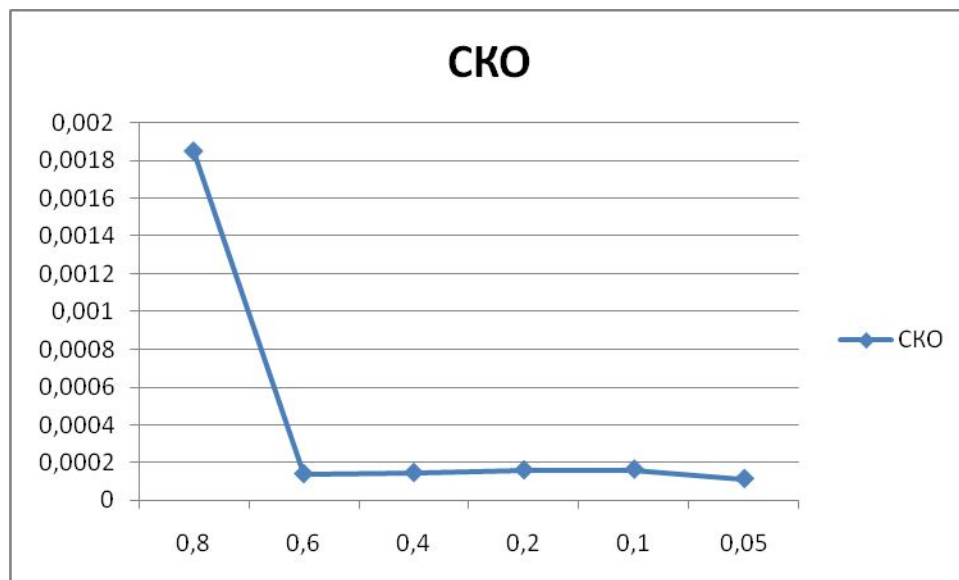
- тестовая выборка - 100 индексов
- число итераций обучения - 1000
- постоянная момента - 0,2
- входной слой – 5 нейронов
- скрытый слой – 9 нейронов
- выходной слой – 4 нейронов



# Зависимость эффективности алгоритма обучения от значения коэффициента момента

Параметры обучения:

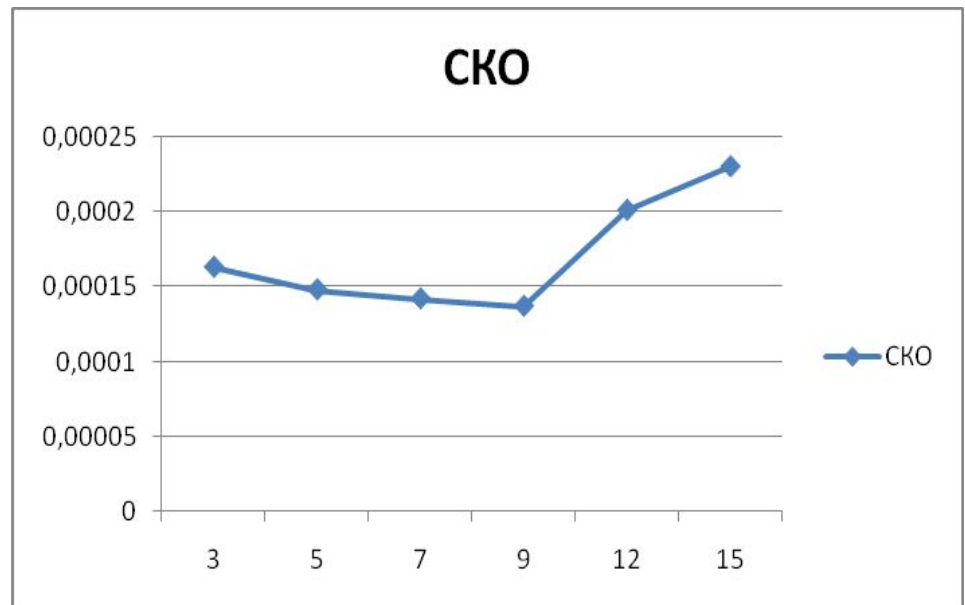
- тестовая выборка - 100 индексов
- число итераций обучения - 1000
- постоянная обучения - 0,6
- входной слой – 5 нейронов
- скрытый слой – 9 нейронов
- выходной слой – 4 нейронов



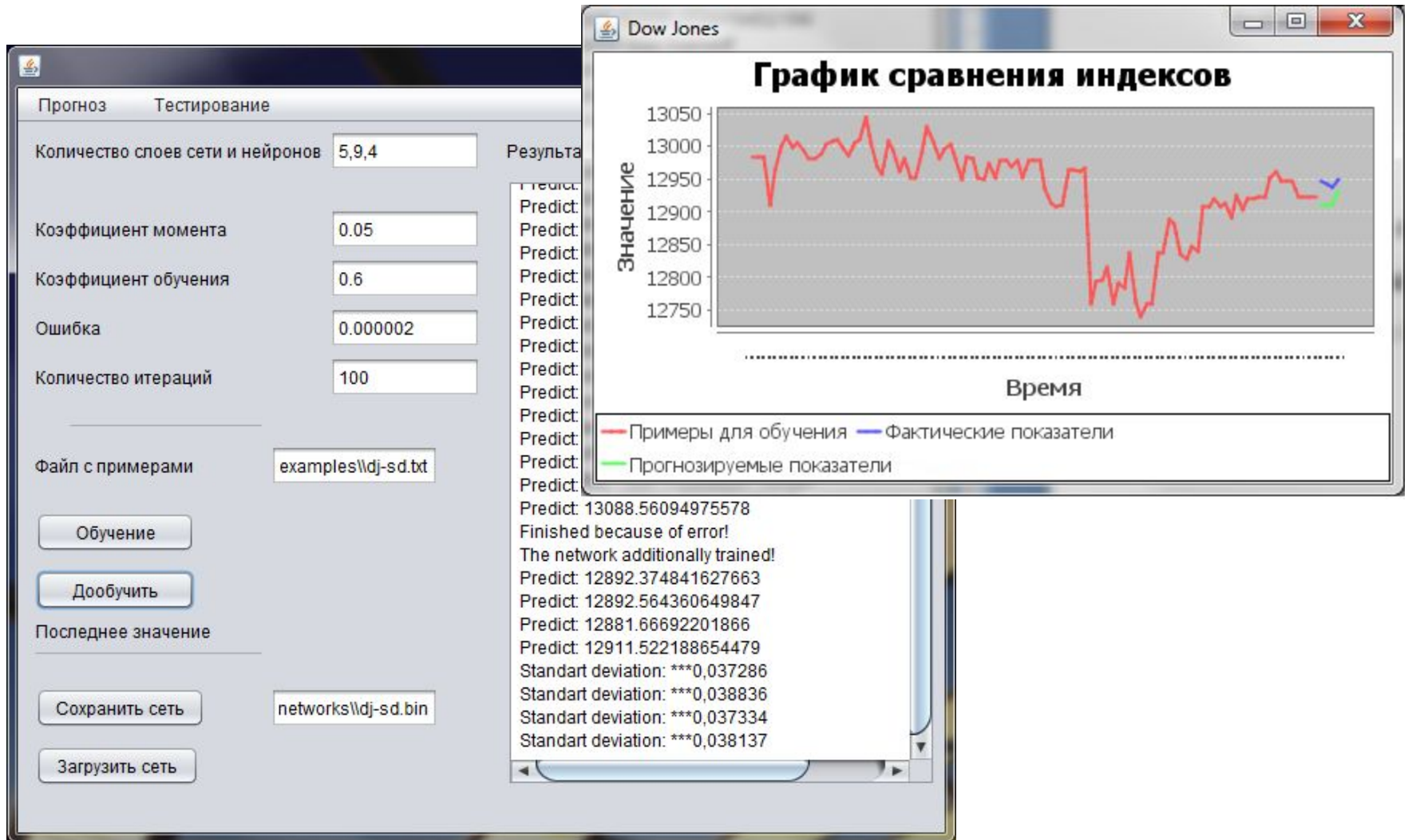
# Зависимость эффективности алгоритма обучения от числа нейронов в скрытом слое

Параметры обучения:

- тестовая выборка - 100 индексов
- число итераций обучения - 1000
- постоянная обучения - 0,6
- постоянная момента – 0,05
- входной слой – 5 нейронов
- выходной слой – 4 нейронов



# Интерфейс системы



# Результат прогноза

Для прогноза использовались выборка значений промышленного индекса Доу-Джонса за два месяца (с 26.01.2012 по 26.03.2012), значения индекса измерялись каждый час работы фондовых рынков. Представлен результат прогноза при дообучении сети на 1 час.



# Заключение

- Разработана автоматизированная система прогнозирования финансовых временных рядов с применением многослойного персептрона
- На основе анализа предметной области разработана информационно-логическая модель автоматизированной системы в нотации UML
- Программное обеспечение системы разработано на языке Java в среде NetBeans IDE 7.1.1 под управлением ОС Windows XP
- Проведены исследования по обучению сети с различными параметрами обучения и структурой сети, определены оптимальные значения параметров сети для поставленной задачи