

# Индикатор состояния фьючерсного рынка

Диссертация на соискание степени магистра

Выполнил студент гр. 63601/3:

Е.В. Дубовой

Научный руководитель:

А.А. Иванков

26 июня 2014

- ▶ Задача по совершенствованию инструментария для анализа рынков является актуальной
- ▶ Современные методы анализа рынков обладают недостаточной информативностью

Задача:

- ▶ Построить параметрическую модель, адекватно описывающую состояние рынка
- ▶ Оценить вероятность  $Q(p_i, t)$ , что цена в течение промежутка времени  $t$  достигнет уровня  $p_i$

$$Q(p_i, t) = \frac{Vol(p_i, t)}{\sum_{i=1}^N Vol(p_i, t)} \quad (1)$$

$N$  - количество пунктов, которые прошла цена за промежуток времени  $t$

$Vol(p_i, t)$  - объем торгов по цене  $p$  за промежуток времени  $t$

**Выбранный инструмент - фьючерс на обыкновенную акцию "Сбербанк"**

# Постановка задачи

$$\frac{\partial Q(p, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2}{\partial p^2} (a(p, t)Q(p, t)) - \frac{\partial}{\partial p} (b(p, t)Q(p, t)) \quad (2)$$

- ▶ С помощью коэффициента сноса  $b$  невозможно получить сдвиг вдоль носителя меры, достаточный для описания мощного тренда.

$$\frac{\partial Q(p, t)}{\partial t} = \phi(Q(p, t)) + \frac{\partial^2}{\partial p^2} (a(p, t)Q(p, t)) - \frac{\partial}{\partial p} (b(p, t)Q(p, t)) \quad (3)$$

- ▶ Вид функции  $\phi(Q(p, t))$  неизвестен

# Определение горизонта прогноза

## Основные принципы:

- ▶ Уменьшение интервала прогноза для снижения ошибки нестационарности
- ▶ Объем выборки не менее  $10^3$
- ▶ Мощность фильтрация не менее  $10^2$

Каждые 2 часа торгов происходит не менее 10 000 сделок. С вероятностью 0.9 фильтрация составит не менее  $10^2$  пунктов

## Построение начальных условий

$$U_t = \ln\left(\frac{P_{last}}{P_{first}}\right), \text{ где } P_{last} \text{ и } P_{first} - \text{цены в конце и начале временного промежутка} \quad (4)$$

$$M(U_t) = 0.001$$

$$D(U_t) = 0.006$$

С вероятностью 0.9 2-ух часовое колебание цен не превышает 1.4%.

# Выбор граничных условий

**Граничные условия первого рода**  $Q(p_0) = 0; Q(p_n) = 0$

Допускают сток капитала на концах носителя меры

**Граничные условия второго рода**  $\frac{\partial Q}{\partial p}|_{p_0} = 0; \frac{\partial Q}{\partial p}|_{p_n} = 0$

Обеспечивают перераспределение капитала внутри носителя меры

**С помощью граничных условий первого рода на практике не удалось добиться прогноза адекватного эмпирическим данным**

# Некорректность задачи

$A$  - линейный оператор

$$Az = u \quad (5)$$

Условия корректности:

1. решение существует  $\forall u \in U$
2. решение единственно
3. решение устойчиво, т.е. если  $u_n \rightarrow u, Az_n = u_n, Az = u$ , то  $z_n \rightarrow z$

# Результаты для постановки без функции стока

- ▶ Тестовая выборка - 1976 временных промежутков по 2 часа
- ▶ Оценки параметров производились с помощью Random Search
- ▶ В качестве критериев согласия выступают критерии Пирсона и Колмогорова

**Гипотеза о согласии решения с эмпирическим распределение не отвергается в 55% случаях (оба критерия)**



# Промежутки с наибольшей долей согласованных решений

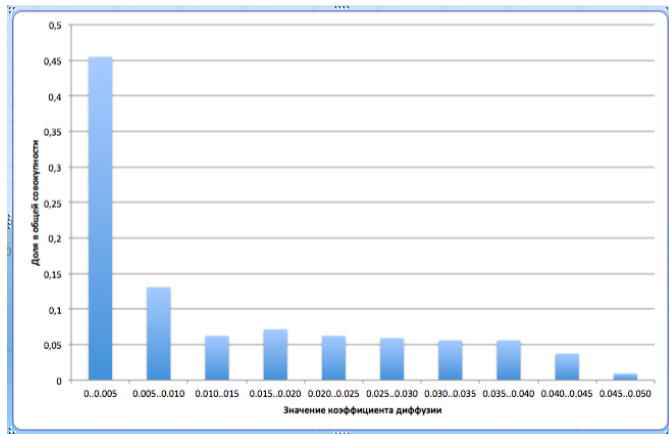
Средняя дневная волатильность на выделенных участках 1.9%

Средняя дневная волатильность на остальных участках 2.4%



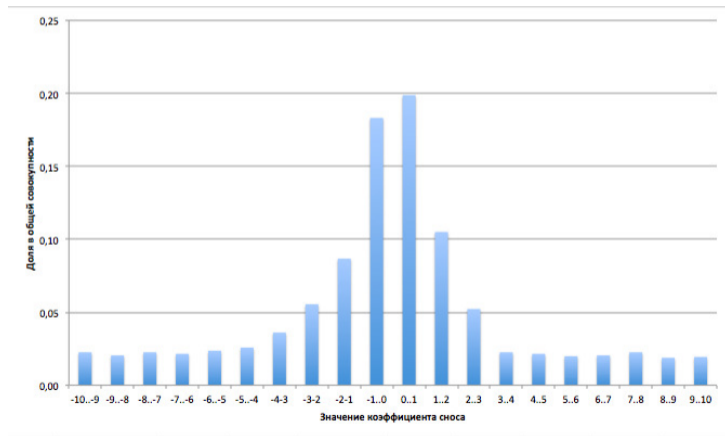
# Распределение коэффициента диффузии

$M_a = 0.007$ , экспоненциальное распределение



# Распределение коэффициента сноса

$M_b = 0.1$ , обобщенное нормальное распределение с тяжелым хвостом  
Доверительный интервал для  $b$  с вероятностью 0.9 составляет  $[-6.5 ; 6.5]$



# Результаты для постановки с функцией стока

В качестве функции стока  $\phi(Q(p, t))$  возьмем обобщенный оператор сдвига.

$\sum_{i=1}^N k_i Q(p_i, t)$ , где  $k_i$  - весовой коэффициент,  $N$  - количество разбиений носителя меры

Таблица 1 : Распределения согласованных решений по месяцам

месяц, год	без функции стока	с функцией стока
Январь 2012	0.25	0.41
Февраль 2012	0.18	0.35

# Построение торговой стратегии 1

Для определения текущей силы и направления тренда воспользуемся средствами технического анализа - системой DMS (индикатор ADX )

Коэффициент диффузии  $a = M_a = 0.007$

- ▶ слабый восходящий тренд:  $b_1 < b < b_2$
- ▶ слабый нисходящий тренд:  $b_3 < b < b_4$
- ▶ отсутствие тренда:  $b = M_b = 0.1$ .

# Построение торговой стратегии 2

## Решающее правило:

- ▶ Если математическое ожидание прогноза выше текущей цены (с учетом комиссии): покупка
- ▶ Если математическое ожидание прогноза ниже текущей цены (с учетом комиссии): короткая продажа

Таблица 2 : Оптимальные параметры стратегии 2011-2012 годы

Параметр	Область варьирования	Оптимальные значения
Пороговое значение $ADX_{min}$	20-50	34
Период сглаживания $ADX$	4-16	12
$b$ при восходящем тренде	-6,5..-1.0	-4,3 [-5,3;-2,1]
$b$ при нисходящем тренде	1..6,5	4,1 [1,9;4,9]

Доходность 34% годовых. 84% прогнозных распределений согласуются с эмпирическими данными.

# Моделирование торгов 2013 года

Доходность торговой стратегии с оптимальными для 2011-2012 годов параметрами составила 27% годовых.

Доля прогнозных распределений, согласующихся с эмпирическими составила 72%.  
Для 84% рекомендуемых значений  $b$  прибыльность стратегии превысила процентную ставку в 8,25%.

Таблица 3 : Результаты работы стратегии с оптимальными параметрами в 2013 году

Общее количество сделок	172
Количество прибыльных сделок	122
Доля прибыльных сделок	0.71
Средняя прибыль сделки	14 пунктов
Средняя доходность сделки	388% годовых
Средняя продолжительность сделки	47 мин
Стандартное отклонение доходности	191%

- ▶ Модель для Российского фьючерсного рынка на основе уравнения Фоккера-Планка является адекватной для участков, на которых отсутствует мощный тренд и высокая волатильность.
- ▶ Есть основания полагать, что модель на основе уравнения Фоккера-Планка с функцией стока способна адекватно описывать в том числе и участки с ярко выраженным трендом.
- ▶ Моделирование торговых операций на основе решений уравнения Фоккера-Планка подтверждает практическую значимость и перспективность подхода
- ▶ Полученный индикатор будет востребован при построении скальперских стратегий



# Оптимальная мощность фильтрации

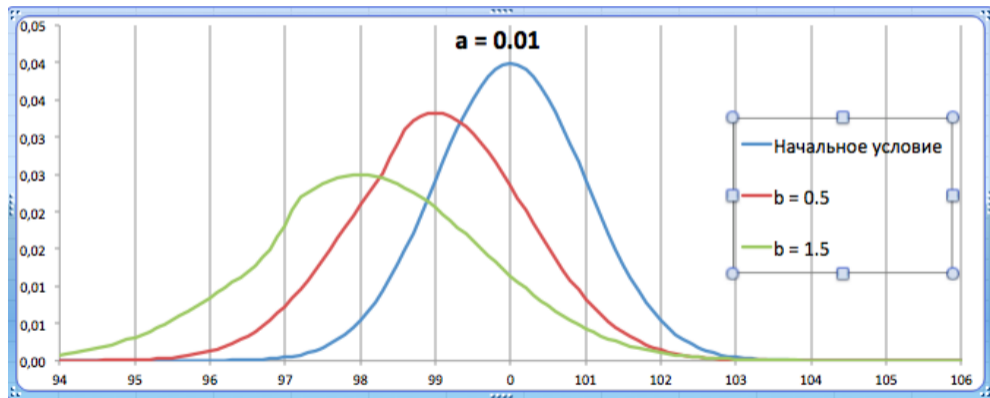
Исследование охватило 50 случайно выбранных временных промежутков из тестовой выборки

При уровне фильтрации  $< 40$  пунктов не удалось получить решение адекватное эмпирическим данным

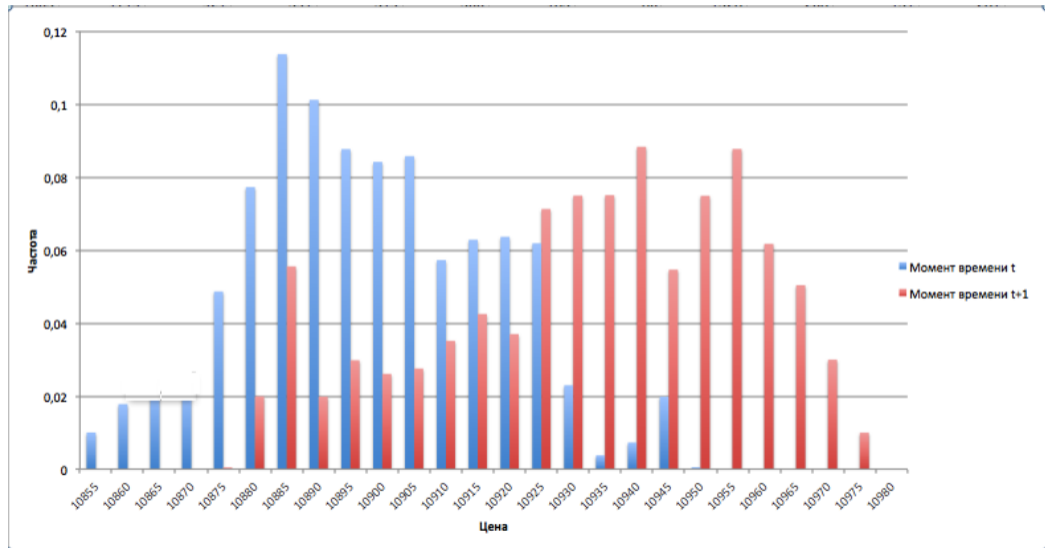
Количество решений уравнения Фоккера-Планка, согласующихся с эмпирическим распределением, при уровне фильтрации в 80 и 60 пунктов в среднем меньше, чем при уровне фильтрации в 100 пунктов, на 30% и 45% соответственно.

Дальнейшее увеличение уровня фильтрации не принесло значительных улучшений решения

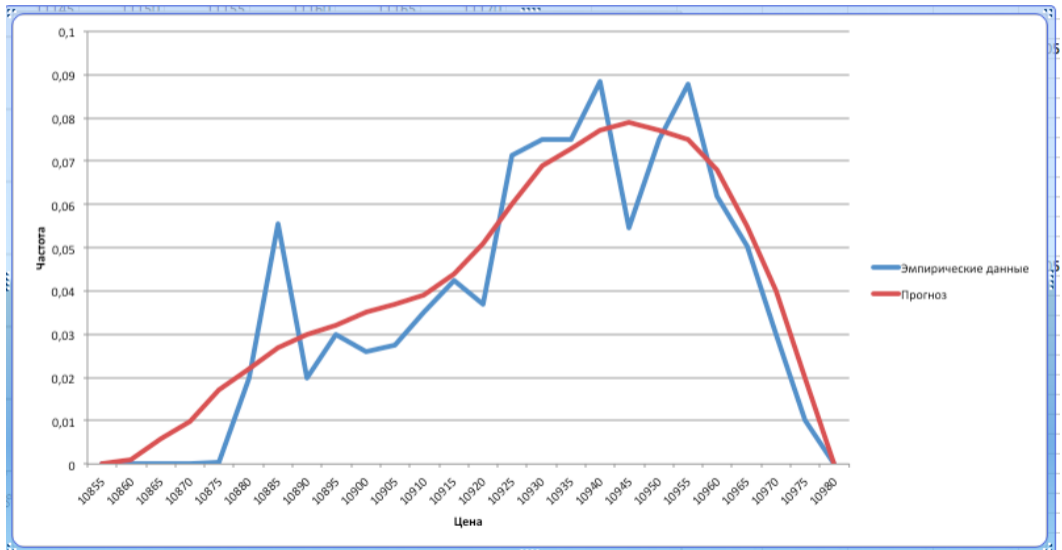
# Иллюстрация поведения решения уравнения Фоккера-Планка



# Пример 1



# Пример 2



# Обобщенное нормальное распределение

$$f(x, \tau) = \frac{e^{-|\frac{x-\mu}{K\sigma}|^\tau}}{2\Gamma(1 + \frac{1}{\tau})K\sigma}$$

где  $K = [\frac{\Gamma(\frac{1}{\tau})}{\Gamma(\frac{3}{\tau})}]^{\frac{1}{2}}$ ;  $\Gamma()$  - гамма-функция (6)

В целом формула довольно похожа на плотность обычного нормального распределения.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2})} \quad (7)$$

# Решающее правило торговли

