

СИГНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЕНЕЖНОГО РЫНКА

Александр Исаков
Банк России/НИУ ВШЭ
2014

СОДЕРЖАНИЕ

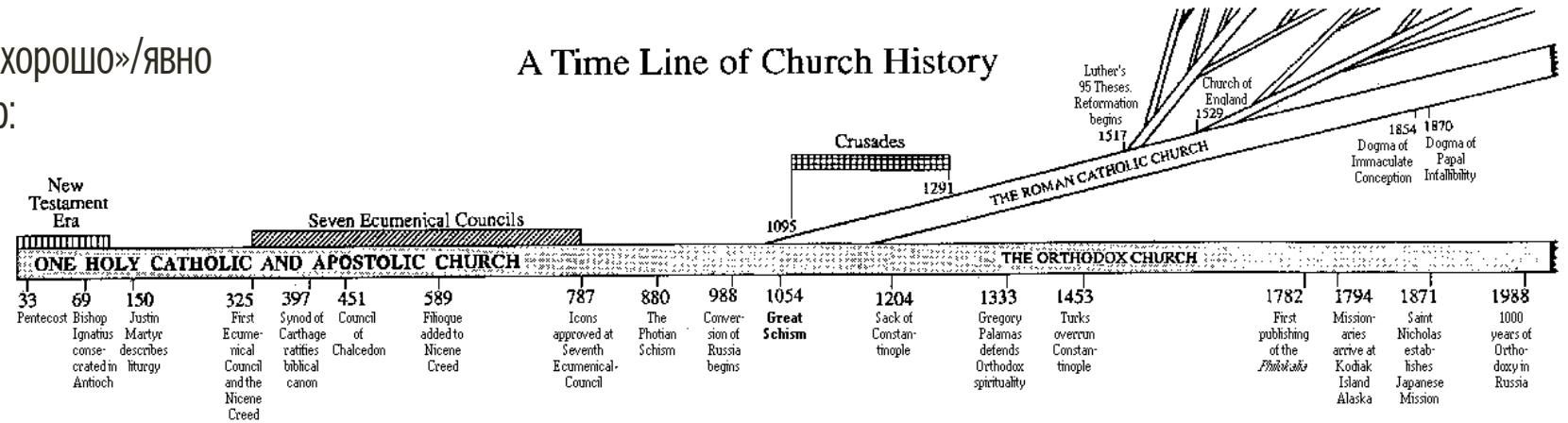
1. Введение/предыстория вопроса
2. Обзор подходов к сегментированию временных рядов
3. Модифицированный алгоритм Bernoala-Galvan
4. Обзор результатов

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ

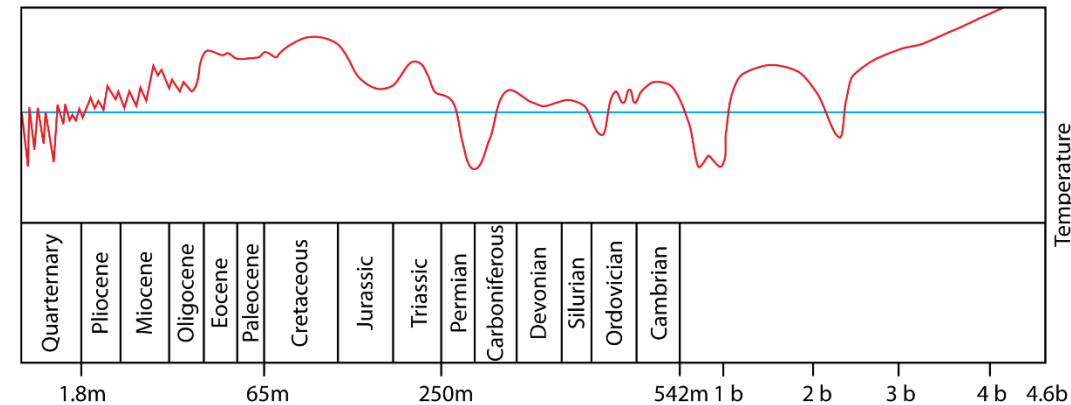
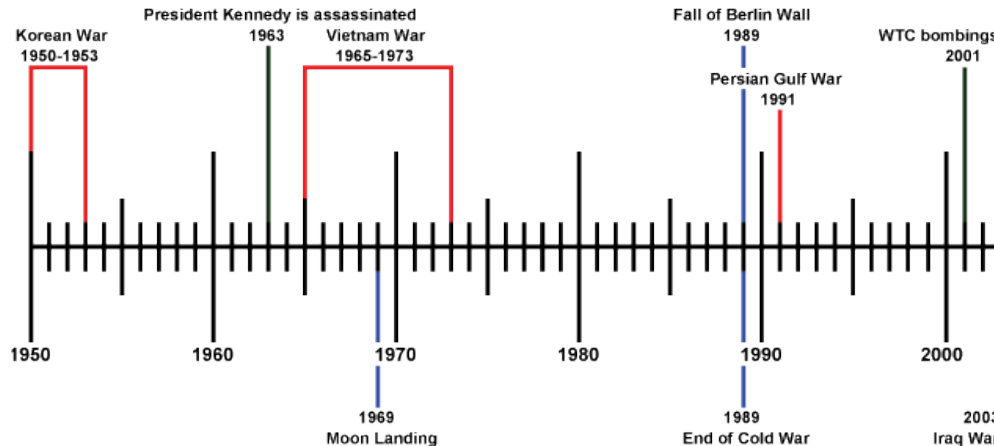
Многие дисциплины имеют в распоряжении «хорошо»/явно
размеченный периоды наблюдения, например:

- История
- Биология
- Метеорология

A Time Line of Church History



History Timeline: 1950-Present



Источники:

- [1] <http://goo.gl/2jVAb>
- [2] <http://goo.gl/UR897>
- [3] <http://goo.gl/wLrTe>

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ

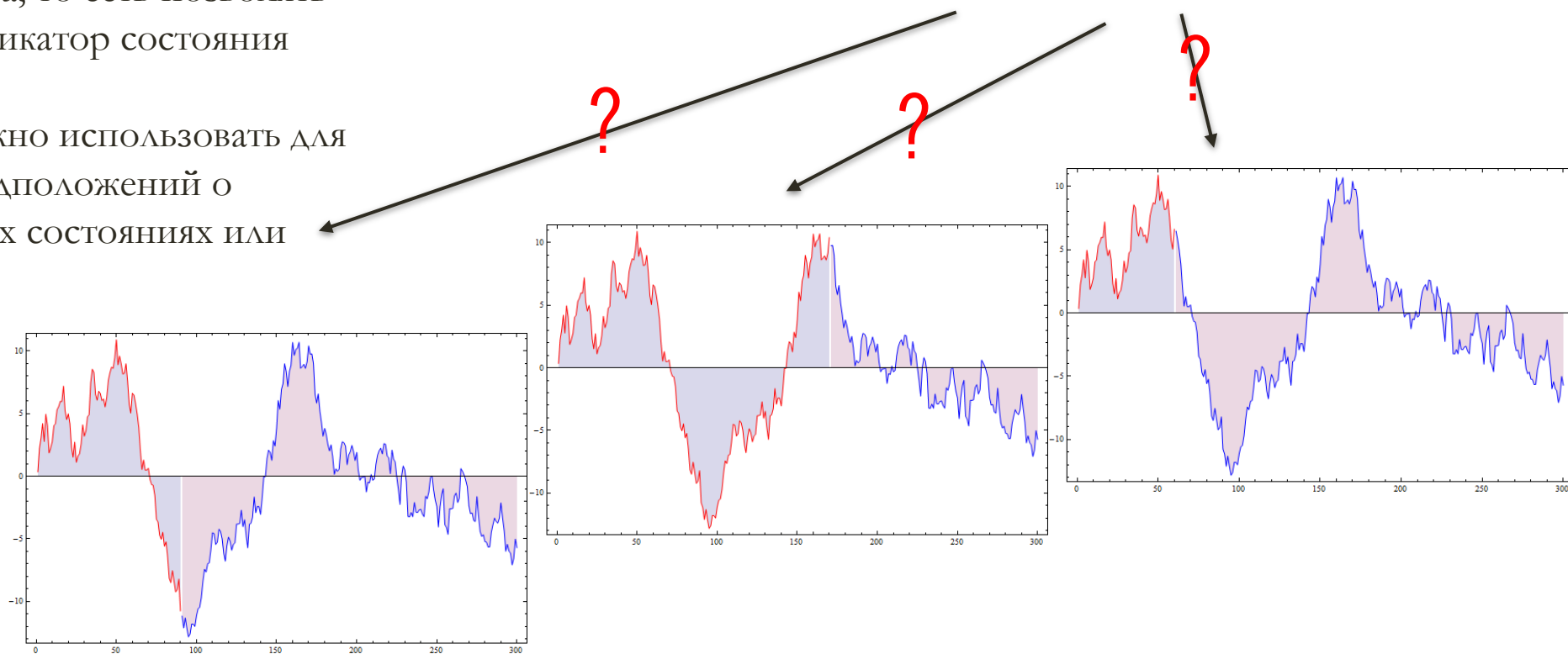
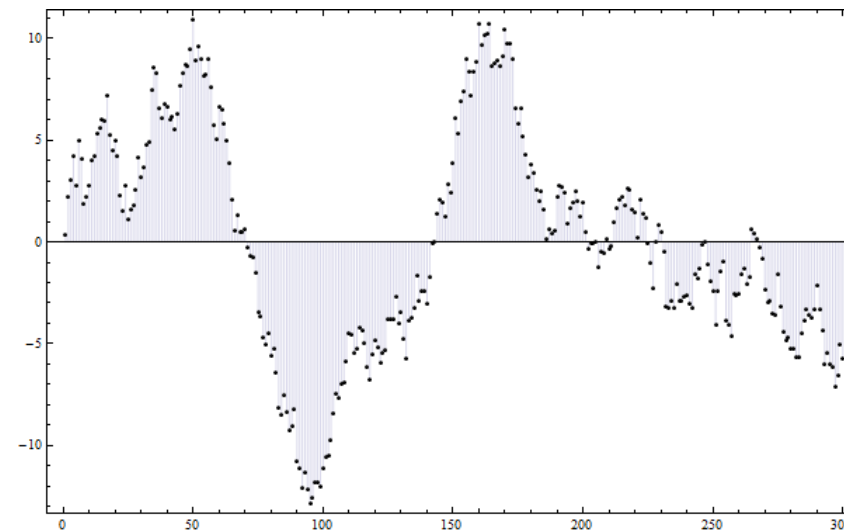
Когда мы изучаем денежный рынок:

- в нашем распоряжении короткие горизонты наблюдения
- **отсутствие формальных** или/и общепринятых **критериев** или сигналов рынка (межбанковского рынка) из одного качественного состояния функционирования в другое
- высока ценность возможности идентифицировать переход между состояниями в реальном времени/с небольшим лагом, для того, чтобы принять необходимые меры (**информация очень быстро теряет ценность**/становится статистикой)

СИГНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Сигнальная модель должна присвоить каждому наблюдаемому состоянию объекта в моменты t качественный признак состояния из заданного/найденного набора, то есть позволить построить номинальный индикатор состояния

Этот индикатор затем возможно использовать для тестирования различных предположений о поведении рынка в различных состояниях или других целей



1. Замечательный обзор теоретических основ сегментирования и идентификации переломных точек предлагает (Poor et al., 2009)
2. Согласно в (Poor et al., 2009) классификации, алгоритмы возможно разделить по направлению сегментирования на «сверху-вниз» и «снизу-вверх»
3. Сегодня мы рассмотрим подход (Wong et. al, 2009) и его модификации для построения номинальной переменной состояний денежного рынка на основе ключевых индикаторов его состояния

АЛГОРИТМ СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Обозначим состояние денежного рынка как набор точек

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_N]$$

где X_i - индикатор, который, по мнению наблюдателя, характеризует состояние рынка, N - количество наблюдений

$$A(X) \rightarrow S = [s_1, s_2, \dots, s_k] = [x_1, x_2, \dots, x_m], \dots, [x_1, \dots, x_N]$$

ШАГ 1. СЕГМЕНТИРОВАНИЕ

Идентификация сегментов происходит следующим образом:

1. для всех возможных точек, которые могут разделять два сегмента рассчитывается расстояние между распределением индикатора на целом ряде (или исходном сегменте) и смесью распределений справа и слева
2. полным перебором идентифицируется точка с наибольшим расстоянием, которая и считается разделителем двух сегментов
3. Шаги 1 и 2 применяются к полученным сегментам до остановки алгоритма

ШАГ 1. СЕГМЕНТИРОВАНИЕ

В качестве расстояния между распределениями было выбрано расстояние Дженсена:

$$\Delta_{\tau} = \log\left(\frac{P_2(\tau)}{P_1}\right)$$

$P_1 = \prod_{t=1}^N \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x_t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$ — значение функции правдоподобия для нормального распределения; $P_2(\tau)$ — значение функции правдоподобия смеси нормальных распределений справа и слева от курсора:

$$P_2(\tau) = \prod_{t=1}^{\tau} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_L^2}} \exp\left(-\frac{(x_t - \mu_L)^2}{2\sigma_L^2}\right) \prod_{t=\tau+1}^N \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_R^2}} \exp\left(-\frac{(x_t - \mu_R)^2}{2\sigma_R^2}\right)$$

Это величина всегда положительна.

ШАГ 1. СЕГМЕНТИРОВАНИЕ

Исходная работа (Wong et. al, 2009) оперирует одномерными, но выписать уравнения для многомерных рядов несложно:

$$\Delta_\tau = \log\left(\frac{\prod_{t=1}^{\tau} f_L(x_t) \prod_{t=\tau+1}^N f_R(x_t)}{\prod_{t=1}^N f(x_t)}\right)$$

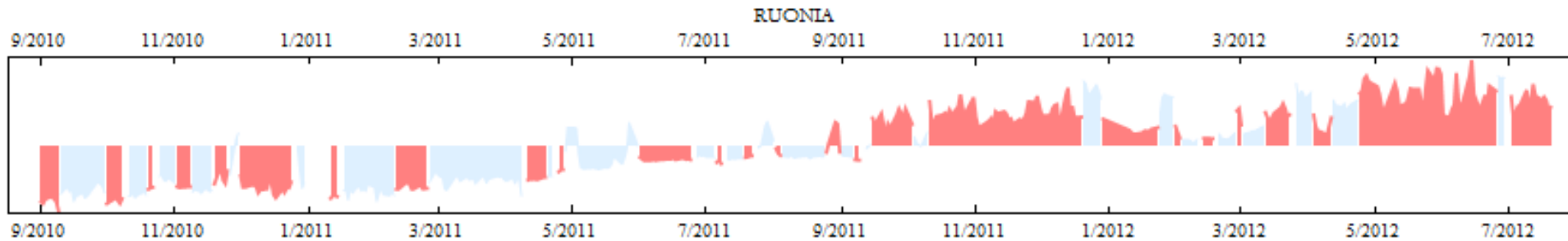
где
вероятности

$$f(x) = \frac{\prod_{t=1}^{\tau} f_L(x_t) \prod_{t=\tau+1}^N f_R(x_t)}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2} (x-M)^T \Sigma^{-1} (x-M)\right)$$

нормальная функция плотности

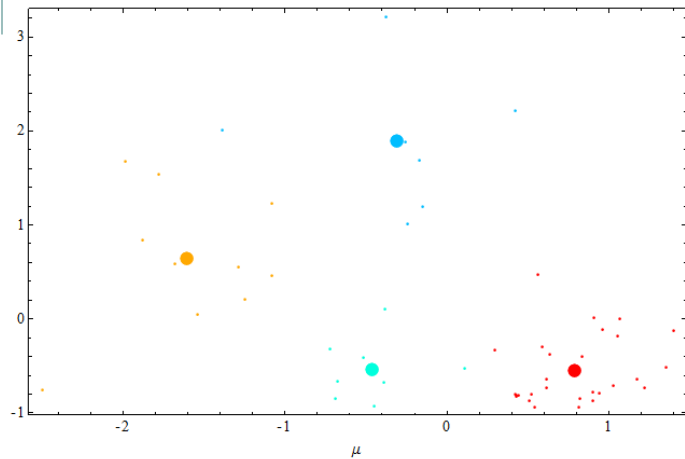
ШАГ 2. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ

Полученные на шаге 1 сегменты отличаются друг от друга последовательно

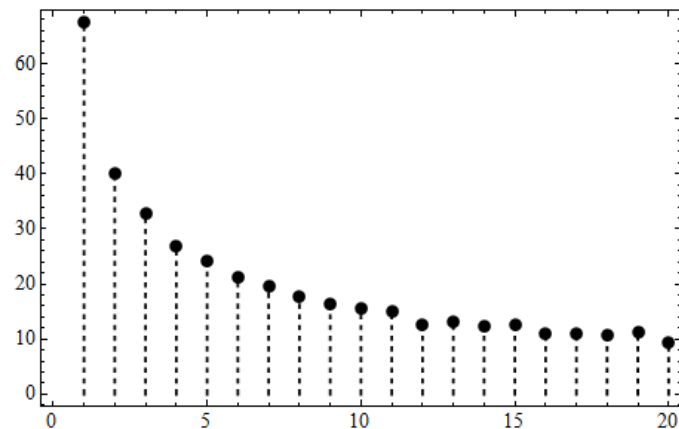


Однако представляется интересным найти «классы» таких сегментов, которые были бы друг на друга похожи

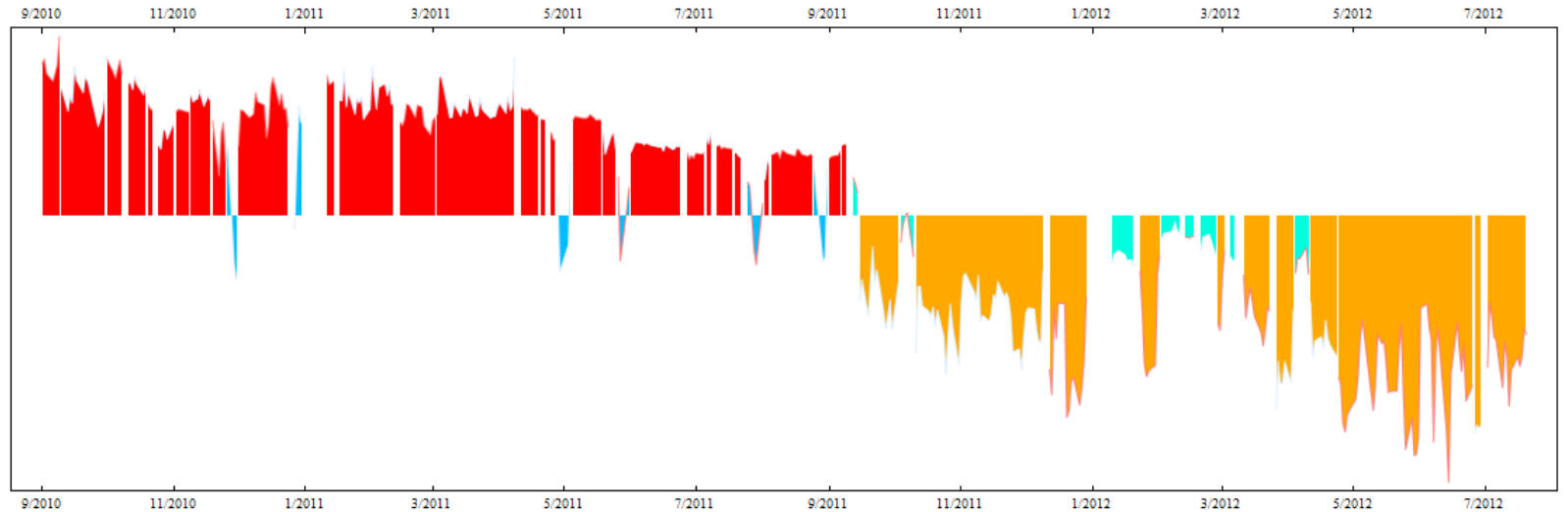
ШАГ 2. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ



Кластеризация в пространстве параметров

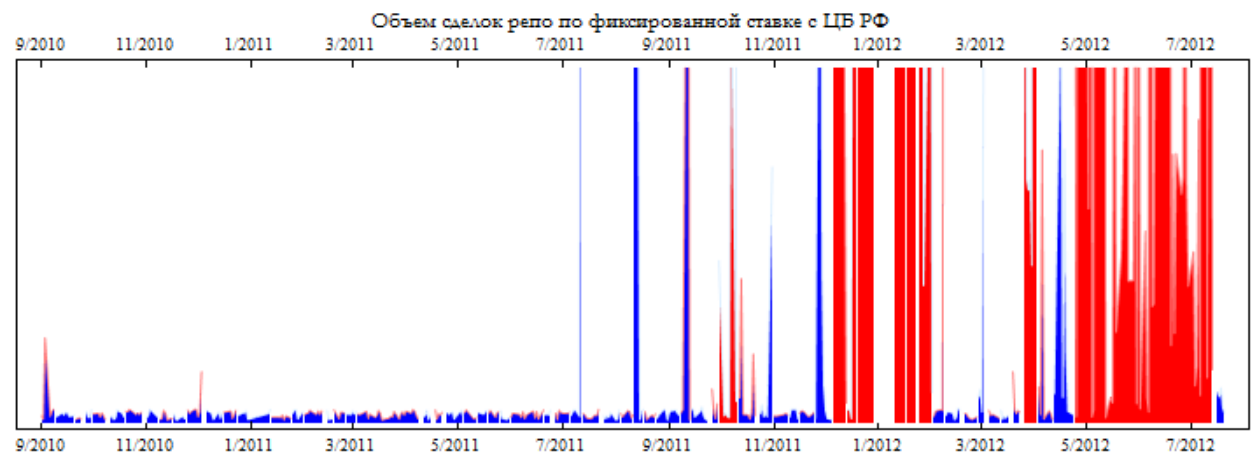
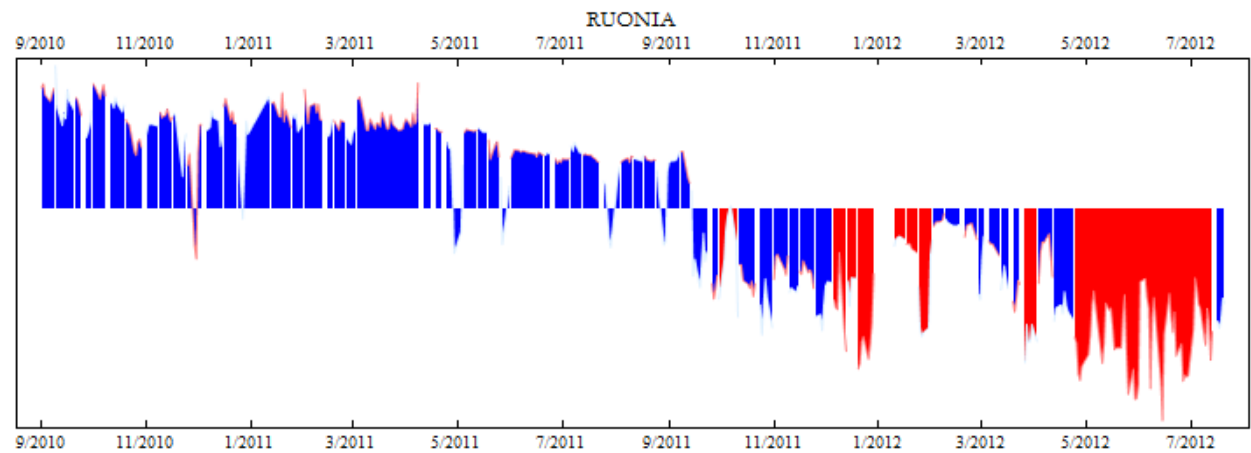
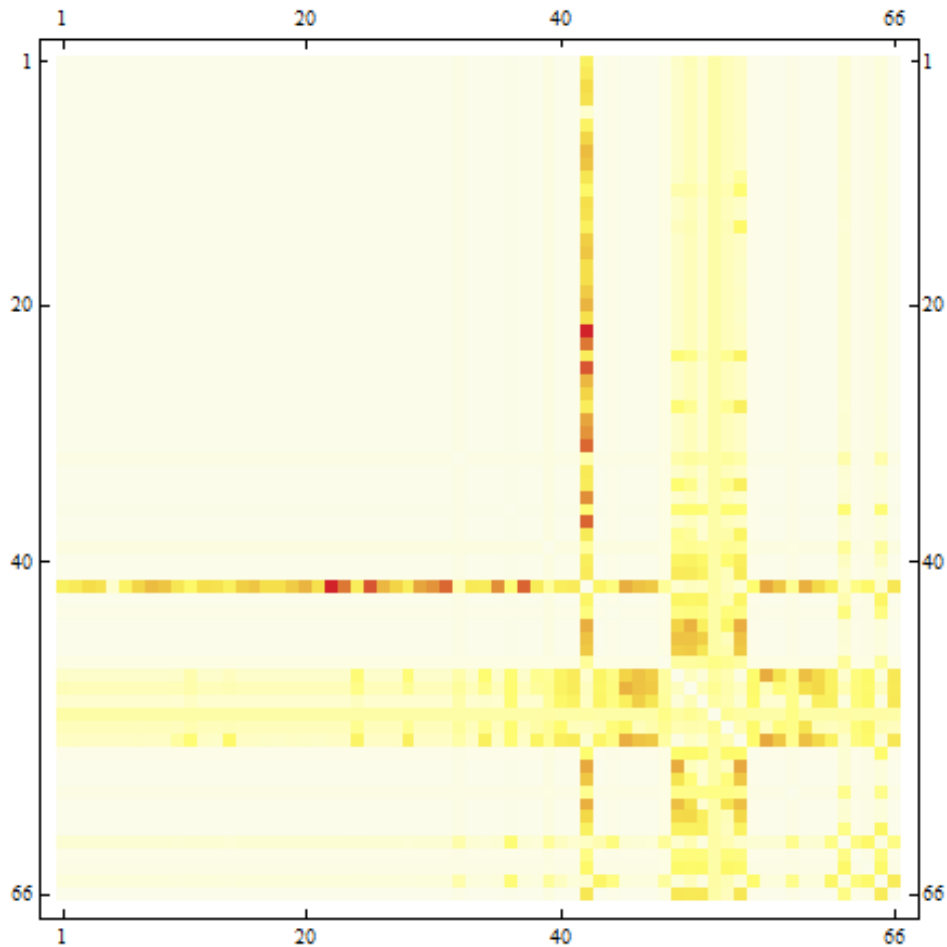


Выбор количества кластеров на основе «метода плеча»



Например, сегментирования индикатора мин. ставка на аукционе РЕПО с Банком России — RUONIA демонстрирует наличие двух различных периодов: дефицита и профицита ликвидности и выделяет по классу на «выбросы».

ШАГ 2. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ



РЕЗУЛЬТАТЫ

Идентифицированные сегменты хорошо согласуются с суждениями экспертов

Полученные номинальные переменные возможно использовать как входные данные для тестирования предположений о различном поведении банков или рынка в различных условиях

Модификации алгоритма удобно использовать для повседневного мониторинга состояния рынка

Подход (Wong et. al, 2009) оставляет исследователю большое количество степеней свободы для модификации алгоритмов, например, варьируя критерии остановки сегментирования и обработки набора в случае онлайн версии подхода

Код для одномерной и многомерной модификаций алгоритма написан и доступен по запросу