

Задачи по Эконометрике временных рядов

Н.В. Артамонов

21 марта 2024 г.

Содержание

1 Работа с рядами в Python. Визуализация	1
2 ACF & PACF	5
3 Стационарные ряды. Модель ARMA	5
3.1 Модель ARMA с константой	6
3.2 Модель ARMA с трендом	8
4 Модель ARIMA	8
A Библиотеки Python	14

1 Работа с рядами в Python. Визуализация

Используемые библиотеки Python: `pandas`, `seaborn`, `plotly`, `yfinance`, `pandas-datareader`

#1. Из БД FRED загрузите **квартальные** данные по ВВП США с 1990 Q1 по н.в. (ряд gdp)

1. Задайте квартальный временной индекс
2. Визуализируйте ряд gdp
3. Визуализируйте ряд $\log(gdp)$
4. Визуализируйте ряд $\Delta \log(gdp)$

5. Визуализируйте ряд $\Delta^2 \log(gdp)$
6. Постройте гистограммы для $\log(gdp)$, $\Delta \log(gdp)$, $\Delta^2 \log(gdp)$
7. Постройте диаграмму рассеяние $\log(gdp_t)$ vs $\log(gdp_{t-1})$
8. Постройте диаграмму рассеяние $\Delta \log(gdp_t)$ vs $\Delta \log(gdp_{t-1})$
9. вычислите $\text{corr}(\log(gdp_t), \log(gdp_{t-1}))$ и тестируйте его значимость (формально!)
10. вычислите $\text{corr}(\Delta \log(gdp_t), \Delta \log(gdp_{t-1}))$ и тестируйте его значимость (формально!)

#2. Из БД FRED загрузите **месячные** данные по М2 США с 1990-01-01 по н.в. (ряд $m2$)

1. Задайте месячный временной индекс
2. Визуализируйте ряд $m2$
3. Визуализируйте ряд $\log(m2)$
4. Визуализируйте ряд $\Delta \log(m2)$
5. Визуализируйте ряд $\Delta^2 \log(m2)$
6. Постройте гистограммы для $\log(m2)$, $\Delta \log(m2)$, $\Delta^2 \log(m2)$
7. Постройте диаграмму рассеяние $\log(m2_t)$ vs $\log(m2_{t-1})$
8. Постройте диаграмму рассеяние $\Delta \log(m2_t)$ vs $\Delta \log(m2_{t-1})$
9. вычислите $\text{corr}(\log(m2_t), \log(m2_{t-1}))$ и тестируйте его значимость (формально!)
10. вычислите $\text{corr}(\Delta \log(m2_t), \Delta \log(m2_{t-1}))$ и тестируйте его значимость (формально!)

#3. Из БД FRED загрузите **недельные** данные по М2 США с 1990-01-01 по н.в.

1. агрегируйте их в квартальные наблюдения (через усреднение)

2. задайте квартальный временной индекс

3. визуализируйте полученные наблюдения

#4. Из БД FRED загрузите месячные данные краткосрочной (3-х мес, $rate1$) и долгосрочной (10-ти лет, $rate2$) ставкам для США с 1990-01-01 по н.в. как многомерный временной ряд $rates$.

1. Задайте месячный временной индекс

2. Визуализируйте ряд $rates$ двумя способами

- отдельные графики
- общий график (два ряда на одном графике)

3. Визуализируйте ряд $\Delta \log(rates)$ двумя способами

4. Визуализируйте ряд $\Delta^2 \log(rates)$ двумя способами

5. Постройте гистограммы для $rates, \Delta rates, \Delta^2 rates$ двумя способами

6. Постройте диаграмму рассеяния $rate1$ vs $rate2$

7. Постройте диаграмму рассеяния $\Delta rate1$ vs $\Delta rate2$

8. вычислите $\text{corr}(rate1, rate2)$ и проверьте его значимость (формально!)

9. вычислите $\text{corr}(\Delta rate1, \Delta rate2)$ и проверьте его значимость (формально!)

#5. Из БД FRED загрузите месячные данные по США

- краткосрочная (3-х мес) ставка
- долгосрочная (10-ти лет) ставка
- логарифм денежной массы M2

с 2000-01-01 по н.в. как многомерный временной ряд

1. задайте месячный временной индекс

2. Визуализируйте многомерный ряд
3. Визуализируйте первую и вторую разность
4. Вычислите корреляционную матрицу для исходного ряда и визуализируйте её
5. Вычислите корреляционную матрицу для дифференцированного ряда и визуализируйте её

#6. Из finance.yahoo.com загрузите данные с 2005-01-01 по 2023-12-31 по S&P500

1. Сформируйте месячный временной ряд из цены закрытия на последний день каждого месяца
2. Задайте для него месячный временной индекс
3. Визуализируйте ряд
4. Визуализируйте первую и вторую логарифмические разности

#7. Из finance.yahoo.com загрузите данные с 2005-01-01 по 2023-12-31 по ценам закрытия S&P500, Apple, Google

1. Сформируйте многомерный ряд из цен закрытия на последний день каждого месяца
2. Визуализируйте многомерный ряд
3. Визуализируйте первую и вторую логарифмические разности
4. Вычислите корреляционную матрицу для исходного ряда и визуализируйте её
5. Вычислите корреляционную матрицу для лог-разности ряда и визуализируйте её

2 ACF & PACF

Во всех задачах по умолчанию уровень значимости 5%.

#1. Рассмотрим квартальные ряды

- x : первая разность логарифма ВВП США с 1990 Q1 по 2019 Q4.
- y : вторая разность логарифма ВВП США с 1990 Q1 по 2019 Q4.

Для них

1. Постройте график ряда, ACF и PACF для каждого ряда
2. Значимы ли $r(3), r_{part}(3)$?

#2. Рассмотрим месячные ряды

- x : первая разность 3-х месячной ставки США с 2000-01 по н.в.
- y : вторая разность 3-х месячной ставки США с 2000-01 по н.в.

Для них

1. Постройте график ряда, ACF и PACF для каждого ряда
2. Значимы ли $r(4), r_{part}(4)$?

#3. Рассмотрим месячные ряды

- x : первая разность логарифма S & P500 с 2000-01 по н.в.
- y : вторая разность логарифма S & P500 с 2000-01 по н.в.

Для них

1. Постройте график ряда, ACF и PACF для каждого ряда
2. Значимы ли $r(5), r_{part}(5)$?

3 Стационарные ряды. Модель ARMA

Во всех задачах по умолчанию уровень значимости 5%.

3.1 Модель ARMA с константой

#1. Пусть y_t – логарифмическая доходность US GDP (**квартальные данные**) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модель ARMA(1,1)
2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите её диагностику
3. Постройте прогноз на 10 периодов

#2. Пусть y_t – логарифмическая доходность US M2 (**месячные данные**) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модели

$$MA(2) \qquad AR(2) \qquad ARMA(1, 1)$$

и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите её диагностику
3. Постройте прогноз на 10 периодов

#3. Пусть y_t – логарифмическая доходность US M2 (**недельные данные**) с 1995 по н.в.

1. Подгоните модели

$$ARMA(2, 1) \qquad ARMA(1, 2) \qquad ARMA(2, 2)$$

и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите её диагностику
3. Постройте прогноз на 10 периодов

#4. Пусть y_t – первая разность of 10-летней ставки (treasury securities with constant maturity) (**квартальные данные**) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модели

$$ARMA(1, 1) \quad ARMA(2, 1) \quad ARMA(1, 2) \quad ARMA(2, 2)$$

и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите её диагностику

3. Постройте прогноз на 10 периодов

#5. Пусть y_t – первая разность of 10-летней ставки (treasury securities with constant maturity) (**месячные данные**) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модели

$$ARMA(1, 1) \quad ARMA(2, 1) \quad ARMA(1, 2) \quad ARMA(2, 2)$$

и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите её диагностику

3. Постройте прогноз на 10 периодов

#6. Ряд y_t – первая разность 3-месячной ставки (treasury bill, **квартальные данные**) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модели

$$ARMA(2, 1) \quad ARMA(1, 2) \quad ARMA(2, 2)$$

и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите диагностику

3. Постройте прогноз на 10 периодов

#7. Ряд y_t – первая разность 3-месячной ставки (treasury bill, **месячные данные**) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модели

$$ARMA(2, 1) \quad ARMA(1, 2) \quad ARMA(2, 2)$$

и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите диагностику

3. Постройте прогноз на 10 периодов

3.2 Модель ARMA с трендом

#1. Пусть y_t – логарифм US GDP (квартальные данные) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модель ARMA(1,1) с трендом и проведите её диагностику
2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA с трендом и проведите её диагностику
3. Постройте прогноз на 10 периодов

#2. Пусть y_t – логарифм US M2 (месячные данные) с 1990 по н.в.

1. Подгоните модели

$$MA(2) \qquad AR(2) \qquad ARMA(1, 1)$$

с трендом и проведите их диагностику

2. Подгоните «оптимальную» модель ARMA и проведите её диагностику
3. Постройте прогноз на 10 периодов

4 Модель ARIMA

#1. Пусть y_t – логарифм US GDP (квартальные данные) с 1995 по н.в.

1. Подгонка модели заданного порядка

(а) Подгоните модели

Модель	drift/trend	спецификация
ARIMA(1,0,1)	+	$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \phi y_{t-1} + u_t + \theta u_{t-1}$
ARIMA(1,1,0)	+	$\Delta y_t = \alpha_0 + \phi \Delta y_{t-1} + u_t + \theta u_{t-1}$
ARIMA(1,1,1)	-	$\Delta y_t = \phi \Delta y_{t-1} + u_t + \theta u_{t-1}$
ARIMA(1,2,0)	-	$\Delta^2 y_t = \phi \Delta^2 y_{t-1} + u_t$

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

- (b) Проведите диагностику каждой модели.
 - (c) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?
2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .
 3. Подгонка «оптимальной модели»
 - (a) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA
 - (b) проведите её диагностику
 - (c) Постройте прогноз на 10 периодов

#2. Пусть y_t – логарифм US M2 (**месячные данные**) с 1995 по н.в.

1. Подгонка модели заданного порядка

- (a) Подгоните модели

Модель	drift/trend
ARIMA(2,0,2)	+
ARIMA(2,1,0)	+
ARIMA(2,1,1)	-
ARIMA(1,2,0)	-

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

- (b) Проведите диагностику каждой модели.
 - (c) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?
2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .
 3. Подгонка «оптимальной модели»
 - (a) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA
 - (b) проведите её диагностику
 - (c) Постройте прогноз на 10 периодов

#3. Пусть y_t – логарифм US M2 (**недельные данные**) с 1995 по н.в.

1. Подгонка модели заданного порядка

(a) Подгоните модели

Модель	drift/trend
ARIMA(3,0,2)	+
ARIMA(2,1,0)	+
ARIMA(2,1,1)	-
ARIMA(2,2,0)	-

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

(b) Проведите диагностику каждой модели.

(c) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?

2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .

3. Подгонка «оптимальной модели»

(a) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA

(b) проведите её диагностику

(c) Постройте прогноз на 10 периодов

#4. Пусть y_t – 10-летняя ставка (treasury securities with constant maturity **месячные данные**) с 2000 по н.в.

1. Подгонка модели заданного порядка

(a) Подгоните модели

Модель	drift/const
ARIMA(2,0,2)	-
ARIMA(2,0,2)	+
ARIMA(2,1,0)	+
ARIMA(2,1,1)	-
ARIMA(2,2,0)	-

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

(b) Проведите диагностику каждой модели.

- (с) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?
- 2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .
- 3. Подгонка «оптимальной модели»
 - (а) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA
 - (b) проведите её диагностику
 - (с) Постройте прогноз на 10 периодов

#5. Пусть y_t – 10-летняя ставка (treasury securities with constant maturity) (дневные данные) с 2010 по н.в.

- 1. Подгонка модели заданного порядка

- (а) Подгоните модели

Модель	drift/const
ARIMA(3,0,2)	-
ARIMA(3,0,2)	+
ARIMA(3,1,0)	+
ARIMA(3,1,1)	-
ARIMA(2,2,0)	-

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

- (b) Проведите диагностику каждой модели.
- (с) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?
- 2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .
- 3. Подгонка «оптимальной модели»
 - (а) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA
 - (b) проведите её диагностику
 - (с) Постройте прогноз на 10 периодов

#6. Пусть y_t – 3-месячная ставки (treasury bill, **месячные данные**) с 2000 по н.в.

1. Подгонка модели заданного порядка

(a) Подгоните модели

Модель	drift/const
ARIMA(2,0,2)	-
ARIMA(2,0,2)	+
ARIMA(2,1,0)	+
ARIMA(2,1,1)	-
ARIMA(2,2,0)	-

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

(b) Проведите диагностику каждой модели.

(c) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?

2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .

3. Подгонка «оптимальной модели»

(a) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA

(b) проведите её диагностику

(c) Постройте прогноз на 10 периодов

#7. Пусть y_t – 3-месячная ставки (treasury bill, **дневные данные**) с 2010 по н.в.

1. Подгонка модели заданного порядка

(a) Подгоните модели

Модель	drift/const
ARIMA(3,0,2)	-
ARIMA(3,0,2)	+
ARIMA(3,1,0)	+
ARIMA(3,1,1)	-
ARIMA(2,2,0)	-

и постройте прогноз на 10 периодов. Значим ли снос/тренд?

(b) Проведите диагностику каждой модели.

(c) Проведите кросс-валидацию каждой модели. Какая предпочтительней?

2. Примените тесты единичного корня и найдите порядок интегрирования для y_t .

3. Подгонка «оптимальной модели»

(a) Подгоните «оптимальную» модель ARIMA

(b) проведите её диагностику

(c) Постройте прогноз на 10 периодов

А Библиотеки Python

Библиотека	Описание
<code>pandas</code>	Табличные данные (кросс-секции, панели, временные ряды)
<code>numpy</code>	Работа с массивами, преобразование данных
<code>yfinance</code>	Загрузка данных с finance.yahoo.com
<code>pandas-datareader</code>	Загрузка данных из внешних БД (FRED, finance.yahoo.com etc)
<code>statsmodels</code>	Регрессионный анализ, базовые модели временных рядов
<code>arch</code>	Тесты и модели временных рядов
<code>pmdarima</code>	ARIMA-модель
<code>scikit-learn</code>	Методы машинного обучения
<code>sktime</code>	анализ временных рядов и ML
<code>scipy.stats</code>	Статистические методы (распределения и др)
<code>seaborn</code>	Визуализация статистических данных
<code>matplotlib</code>	Визуализация данных
<code>plotly</code>	Визуализация данных

Таблица 1: Основные библиотеки Python для анализа временных рядов