

# Макроэконометрика

## 4-й модуль, 2026-2027

**Валерий Черноокий**  
Российская экономическая школа  
[vcharnavoki@nes.ru](mailto:vcharnavoki@nes.ru)

### Описание курса

---

Курс знакомит студентов с современными методами эконометрического анализа временных рядов. Основное внимание уделяется их применению к макроэкономическим задачам. Мы начнём с краткого обзора одномерных моделей и методов фильтрации временных рядов. Затем рассмотрим векторные авторегрессии в приведённой и структурной формах (VAR и SVAR), способы идентификации, единичные корни, коинтеграцию и векторные модели коррекции ошибок. Следующая часть курса посвящена работе с большими данными: факторным моделям и векторным авторегрессиям, дополненным факторами (FAVAR). В заключительной части изучаются методы оценивания динамических стохастических моделей общего равновесия (DSGE) и статистического вывода в этих моделях, включая симуляционный метод моментов, метод максимального правдоподобия и байесовские методы.

### Требования курса, система оценивания, посещаемость

---

Итоговая оценка складывается из следующих компонентов:

- Домашние задания: 50%. В течение курса предусмотрено не более 3 домашних заданий.
- Итоговый экзамен: 50%. Экзамен включает в себя вопросы по статье с прикладным макроэкономическим исследованием, которую студенты получают заранее.

Для получения положительной оценки необходимо выполнить все домашние задания, написать экзамен и посетить не менее 70% занятий.

### Содержание курса

---

1. **Одномерные модели временных рядов:** деловые циклы и эконометрика временных рядов, теорема Вольда о представлении стационарного процесса, стационарные модели ARMA, спектр, преобразование данных и одномерные фильтры.
2. **Векторные авторегрессии в приведённой форме:** определение, оценивание, статистический вывод и прогнозирование, причинность по Грейнджеру, функции импульсного отклика, декомпозиция дисперсии.
3. **Структурные векторные авторегрессии:** определение, функции импульсного отклика, декомпозиция дисперсии, историческая декомпозиция, идентификация: краткосрочные ограничения, долгосрочные ограничения, знаковые ограничения, идентификация при гетероскедастичности, идентификация с помощью внешних инструментов, приложения.
4. **Единичные корни, ложная регрессия и коинтеграция:** определение, проверка наличия единичных корней, проблема ложной регрессии, коинтеграция, проверка наличия коинтеграции и оценивание коинтеграционных соотношений,

коинтегрированный VAR в форме векторной модели коррекции ошибок (VECM), приложения.

5. **Факторные модели и FAVAR:** статические и динамические факторные модели, метод главных компонент, определение числа статических и динамических факторов, структурная FAVAR и её идентификация, приложения.
6. **DSGE-модели и методы их оценивания:** определение, методы аппроксимации и решения, калибровка, оценивание обобщённым методом моментов и его симуляционным вариантом, оценивание методом максимального правдоподобия, байесовские методы оценивания DSGE-моделей.

## Материалы курса

---

Все материалы будут предоставляться на лекциях и доступны на [my.nes.ru](http://my.nes.ru).

## Примеры заданий курса

---

### Задание 1: Спектры и одномерные фильтры

Для выполнения задания можно написать собственный код на MATLAB, Python, R или другом языке либо использовать код из интернета с обязательным указанием источника. Необходимо понимать каждую строку используемого кода.

1. Загрузите из базы Росстата квартальные данные о реальном ВВП России без сезонной корректировки. Постройте график логарифма ВВП. Оцените спектр нефигурованного ряда логарифма реального ВВП тремя способами и представьте результаты на графиках:
  - с помощью выборочной периодограммы;
  - параметрическим методом на основе модели  $AR(8)$ ;
  - непараметрическим методом с ядром Бартлетта.
2. Выделите компоненту делового цикла в ряде логарифма ВВП с помощью четырёх методов:
  - первых разностей;
  - фильтра Ходрика – Прескотта;
  - полосового фильтра Бакстера – Кинга;
  - полосового фильтра Кристиано – Фицджеральда.

Постройте графики полученных рядов и проинтерпретируйте результаты.

3. Для каждого из четырёх отфильтрованных рядов оцените спектр всеми тремя способами из пункта 1 и постройте графики. Объясните отличия от спектра исходного нефигурованного ряда.

### Задание 2: Стилизованные факты деловых циклов в экономике, богатой природными ресурсами

Загрузите из баз Росстата и Банка России квартальные данные по России: ВВП в текущих и постоянных ценах; потребление, инвестиции и государственные расходы в постоянных ценах; чистый экспорт в текущих ценах; дефляторы экспорта и импорта; занятость и реальный обменный курс. Прологарифмируйте занятость, реальный обменный курс и все показатели в постоянных ценах. Рассчитайте отношение чистого экспорта к номинальному ВВП и логарифм условий торговли (отношения дефлятора экспорта и дефлятора импорта). Выделите компоненты делового цикла с помощью полосового фильтра Бакстера – Кинга (BK) или Кристиано – Фицджеральда (CF). По аналогии с

таблицей 1 в работе Backus, Kehoe и Kydland (1992) и таблицами в работе Mendoza (1995) рассчитайте статистические характеристики деловых циклов для этих переменных: стандартные отклонения, автокорреляции, корреляции с отфильтрованными рядами реального ВВП и условий торговли. Представьте результаты в таблице и проинтерпретируйте их.

### Задание 3: Структурные векторные авторегрессии

Для выполнения задания можно написать собственный код на MATLAB, Python, R или другом языке либо использовать код из интернета с обязательным указанием источника. Необходимо понимать каждую строку используемого кода.

Рассмотрите VAR с тремя переменными: первой разностью логарифма реального ВВП  $\Delta y_t$ , инфляцией по индексу потребительских цен  $\Delta p_t$  и номинальной процентной ставкой  $i_t$ . Загрузите данные по США с [my.nes.ru](http://my.nes.ru).

1. Выберите число лагов на основе информационных критериев и оцените VAR.
2. Идентифицируйте структурные шоки с помощью рекурсивной схемы на основе разложения Холецкого, расположив переменные в порядке  $(\Delta y_t, \Delta p_t, i_t)$ . Шок денежно-кредитной политики должен быть последним и не влиять на выпуск и инфляцию в момент своего возникновения. Постройте функции импульсного отклика всех переменных на этот шок. Есть ли среди полученных результатов парадоксальные?
3. Идентифицируйте структурные шоки (шок предложения, немонетарный шок спроса и шок денежно-кредитной политики), сочетая долгосрочные и краткосрочные нулевые ограничения:
  - только шок предложения оказывает долгосрочное влияние на реальный выпуск,
  - шок денежно-кредитной политики не влияет на выпуск в момент своего возникновения.

Постройте функции импульсного отклика всех переменных на все шоки. Сравните результаты с рекурсивной схемой. В чём заключается проблема этой схемы идентификации?

4. Идентифицируйте структурные шоки (шок предложения, немонетарный шок спроса и шок денежно-кредитной политики) с помощью следующих знаковых ограничений:
  - положительный шок предложения повышает выпуск и снижает инфляцию;
  - положительный немонетарный шок спроса повышает выпуск, инфляцию и процентную ставку;
  - положительный шок денежно-кредитной политики повышает выпуск и инфляцию, но снижает номинальную процентную ставку.

Для наложения знаковых ограничений используйте процедуру Rubio-Ramirez, Waggoner и Zha (2010). Представьте функции импульсного отклика всех переменных на все шоки (только точечные оценки, без стандартных ошибок). Сравните результаты с двумя предыдущими схемами. В чём состоит основная проблема идентификации с помощью знаковых ограничений?

### Задание 4: Байесовское оценивание в Dynare

Рассмотрите модель реального делового цикла (RBC) с переменной интенсивностью использования капитала  $u_t$  и дополнительным шоком, отражающим экзогенные

изменения цены импортируемой нефти  $p_t$  (модель основана на работе Finn (1995)). Репрезентативный агент решает задачу:

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (\ln C_t + \theta \ln (1 - N_t))$$

при следующих ограничениях:

$$Y_t = Z_t N_t^\alpha (u_t K_t)^{1-\alpha},$$

$$K_{t+1} = Y_t + (1 - \delta(u_t))K_t - C_t - p_t Q_t,$$

$$\delta(u_t) = \frac{u_t^\gamma}{\gamma},$$

$$\frac{Q_t}{K_t} = \frac{u_t^\zeta}{\zeta},$$

$$\ln Z_t = (1 - \rho^Z) \ln \bar{Z} + \rho^Z \ln Z_{t-1} + \varepsilon_t^Z, \varepsilon_t^Z \sim N(0, \sigma^Z),$$

$$\ln p_t = \rho^p \ln p_{t-1} + \varepsilon_t^p, \varepsilon_t^p \sim N(0, \sigma^p).$$

Начальные значения  $K_0$ ,  $Z_0$  и  $p_0$  заданы. Здесь  $C_t$  – потребление в период  $t$ ,  $N_t$  – количество отработанных часов,  $K_t$  – запас капитала, а  $Q_t$  – объём нефти, импортируемой по цене  $p_t$ . Более интенсивное использование капитала требует больше энергии на единицу капитала. Поэтому рост цены нефти приводит к снижению интенсивности использования капитала.

1. Запишите условия равновесия модели.
2. Получите логлинейную аппроксимацию модели в окрестности стационарного состояния.
3. Зафиксируйте следующие значения структурных параметров:  $\beta = 0.99$ ,  $\alpha = 0.7$ ,  $\rho^p = 0.95$ ,  $\rho^Z = 0.95$ . Загрузите с [my.nes.ru](http://my.nes.ru) данные по США о логарифмах реального ВВП и реальной цены нефти, обработанные фильтром Ходрика — Прескотта (файл USData.xls). С помощью Dynare оцените байесовскими методами оставшиеся структурные параметры:  $\theta$ ,  $\gamma$ ,  $\zeta$ ,  $\sigma^p$ ,  $\sigma^Z$  и  $\bar{Z}$ . Задайте следующие априорные средние оцениваемых параметров:  $\theta = 2$ ,  $\gamma = 15$ ,  $\zeta = 15$ ,  $\sigma^p = 0.05$ ,  $\sigma^Z = 0.001$ ,  $\bar{Z} = 1$ . Выберите подходящие априорные распределения.
4. Постройте функции импульсного отклика эндогенных переменных оценённой модели на шок цены нефти  $\varepsilon_t^p$  и шок производительности  $\varepsilon_t^Z$ . Покажите, что рост цены нефти приводит к снижению интенсивности использования капитала. Проинтерпретируйте результаты.

Задания 5–7 основаны на статье Dario Caldara и Christophe Kamps (2017) «The Analytics of SVARs: A Unified Framework to Measure Fiscal Multipliers».

### Задание 5.

В статье рассматриваются несколько подходов к идентификации шоков фискальной политики и демонстрируется, что оценки фискальных мультипликаторов существенно зависят от фискальных правил, которые предполагает каждый из этих подходов.

1. Чем фискальные правила отличаются от фискальных шоков? Приведите пример и объясните экономический смысл различия.
2. Что такое фискальные мультипликаторы и почему они важны? Запишите формулу расчёта фискальных мультипликаторов на основе SVAR. Зачем в ней нужны два

масштабирующих множителя: стандартное отклонение фискального шока и выборочное среднее отношения фискального показателя (налоговых доходов или государственных расходов) к ВВП?

3. Какие подходы к идентификации фискальных шоков рассматриваются в статье? Обоснуйте соответствующие схемы идентификации и кратко опишите их формально. Как выбор схемы влияет на значения фискальных мультипликаторов в момент возникновения шока?
4. Кратко обсудите эмпирические результаты статьи. Как связаны эластичности налогов (государственных расходов) по выпуску в текущем периоде с соответствующими мультипликаторами в момент возникновения шока? Объясните экономический смысл этой связи. Какие нефискальные прокси-переменные используются для идентификации фискальных шоков в прокси-SVAR из раздела 4? Почему эти переменные являются корректными инструментами? Каковы оценки эластичностей в фискальных правилах этой модели в текущем периоде и что они означают для фискальных мультипликаторов?

### Задание 6.

Рассмотрите простую SVAR-модель с двумя переменными: выпуском ( $gdp_t$ ) и налогами ( $tr_t$ ). Матрицу  $L_0$  импульсных откликов в момент возникновения шока для любой структурной модели можно записать в виде:

$$L_0(\theta, \Sigma) = \begin{bmatrix} \sigma_{gdp} \cos(\theta) & -\sigma_{gdp} \sin(\theta) \\ \sigma_{tr} \cos(\theta - \varphi_{gdp,tr}) & -\sigma_{tr} \sin(\theta - \varphi_{gdp,tr}) \end{bmatrix}$$

Здесь  $\theta \in [-\pi, \pi]$  — угол поворота в матрице Гивенса,  $\varphi_{gdp,tr} = \arccos(\rho_{gdp,tr})$ , а ковариационная матрица ошибок приведённой формы  $\Sigma$  имеет вид:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{gdp}^2 & \rho_{gdp,tr} \sigma_{gdp} \sigma_{tr} \\ \rho_{gdp,tr} \sigma_{gdp} \sigma_{tr} & \sigma_{tr}^2 \end{bmatrix}$$

1. Выведите выражение для  $L_0(\theta, \Sigma)$ , используя ковариационную матрицу ошибок приведённой формы  $\Sigma$  и ортогональную матрицу Гивенса с углом поворота  $\theta$ .
2. Для простоты предположите, что  $\sigma_{gdp} = \sigma_{tr} = \sigma$ . Найдите угол поворота  $\theta$  для трёх схем идентификации: а) рекурсивного разложения Холецкого; б) подхода Бланшара – Перотти при эластичности налогового правила  $\psi_{gdp}^{tr} = 2$ ; в) подхода на основе штрафной функции. Найдите соответствующие матрицы импульсных откликов в момент возникновения шока. Чему равны налоговые мультипликаторы в этот момент (масштабирующий множитель  $tr/gdp$  пока не учитывайте)? Объясните результаты.
3. По-прежнему предполагайте, что  $\sigma_{gdp} = \sigma_{tr} = \sigma$ . Идентифицируйте налоговый шок с помощью знаковых ограничений. Предположите, что в момент возникновения шок повышает налоги и снижает выпуск. Определите множество допустимых ортогональных матриц, то есть диапазон углов поворота  $\theta \in [-\pi, \pi]$  в матрице Гивенса, при которых выполняются эти ограничения. Считайте, что  $0 < \rho_{gdp,tr} < 1$ . Каков соответствующий диапазон допустимых налоговых мультипликаторов (масштабирующий множитель  $tr/gdp$  вновь не учитывайте)?

### Задание 7.

Загрузите с [my.nes.ru](http://my.nes.ru) файл USData.xls с использованными в статье данными по экономике США за период с I квартала 1950 года по IV квартал 2006 года. Файл содержит следующие переменные: логарифм реального ВВП на душу населения ( $gdp_t$ ); логарифм реальных федеральных налоговых доходов на душу населения ( $tr_t$ ); логарифм реальных

государственных расходов на душу населения ( $g_t$ ); инфляцию по индексу потребительских цен ( $\pi_t$ ); доходность трёхмесячных казначейских векселей США ( $r_t$ ).

1. Постройте графики всех пяти переменных. Обратите внимание на линейный тренд в рядах ВВП, федеральных налоговых доходов и государственных расходов. Оцените детерминированный тренд с помощью регрессии методом наименьших квадратов и удалите его из этих трёх рядов. Постройте графики рядов после удаления тренда.
2. В любом эконометрическом программном пакете оцените VAR в приведённой форме с пятью переменными: ВВП ( $gdp_t$ ), федеральными налоговыми доходами ( $tr_t$ ) и государственными расходами ( $g_t$ ) после удаления тренда, инфляцией ( $\pi_t$ ) и доходностью трёхмесячных казначейских векселей ( $r_t$ ). В статье используются байесовские методы, но в этом задании требуется оценить модель классическими (частотными) методами. Выберите число лагов с помощью информационных критериев. Представьте оценённую ковариационную матрицу остатков модели в приведённой форме.
3. Идентифицируйте налоговый шок и шок государственных расходов с помощью рассмотренной в статье рекурсивной схемы на основе разложения Холецкого. Расположите переменные в следующем порядке: выпуск, федеральные налоговые доходы, государственные расходы, инфляция и процентная ставка. Представьте оценённую матрицу краткосрочных структурных связей  $A_0$  и функции импульсного отклика выпуска на фискальные шоки. Рассчитайте фискальные мультипликаторы и постройте их графики (по образцу рисунка 2). Чему равны налоговый мультипликатор и мультипликатор государственных расходов в момент возникновения шока при этой схеме? Объясните результаты.
4. Идентифицируйте налоговый шок и шок государственных расходов с помощью подхода Бланшара – Перотти. Используйте общие фискальные правила из раздела 3.3 и первого столбца таблицы 1. Представьте оценённую матрицу краткосрочных структурных связей  $A_0$  и функции импульсного отклика выпуска на фискальные шоки. Рассчитайте фискальные мультипликаторы и постройте их графики (по образцу рисунка 2). Чему равны налоговый мультипликатор и мультипликатор государственных расходов в момент возникновения шока при этой схеме? Объясните результаты.

### **Академическая этика**

---

Списывание, плагиат и любые другие способы нарушения академической этики РЭШ недопустимы.