



Анализ (а)симметричности влияния внешних и внутренних шоков на основные макроэкономические показатели

Пелипась И.В., к.э.н., доцент
Шиманович Г.И.

Минск, 5 марта 2018 г.

*Семинар и методические материалы подготовлены в рамках проекта
«Поддержка экономических реформ в Беларуси посредством укрепления
исследовательского потенциала органов госуправления».*

План семинара

- Постановка проблемы
- Разложение временного ряда на положительный и отрицательный компоненты, скрытая коинтеграция и асимметричность динамики
- ARDL-модель: теория и практика использования
 - Спецификация модели, предельный тест (bounds test) на коинтеграцию и оценка параметров долгосрочной связи
 - Расчет и графическое представление динамических коэффициентов ARDL-модели
- Асимметрическая ARDL-модель: теория и практика использования
 - Спецификация модели, предельный тест (bounds test) на коинтеграцию и оценка параметров долгосрочной связи
 - Наложение ограничений на краткосрочную динамику
 - Тестирование долгосрочной и краткосрочной асимметричности
 - Расчет и графическое представление динамических коэффициентов асимметрической ARDL-модели и оценки асимметричности (бутстрэп метод)

SVAR модель: некоторые примеры шоков и откликов

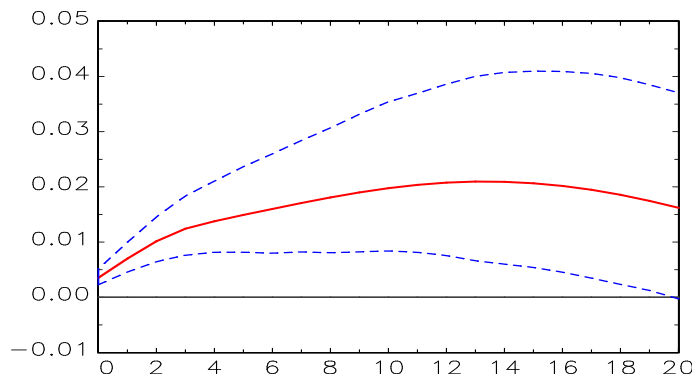
5 эндогенных переменных:

номинальная ставка рефинансирования (*NIRR*)
денежная база (*mb*)
реальный ВВП (*gdp*)
индекс потребительских цен (*cpi*)
номинальный курс белорусского рубля по отношению к доллару США (*ner*)

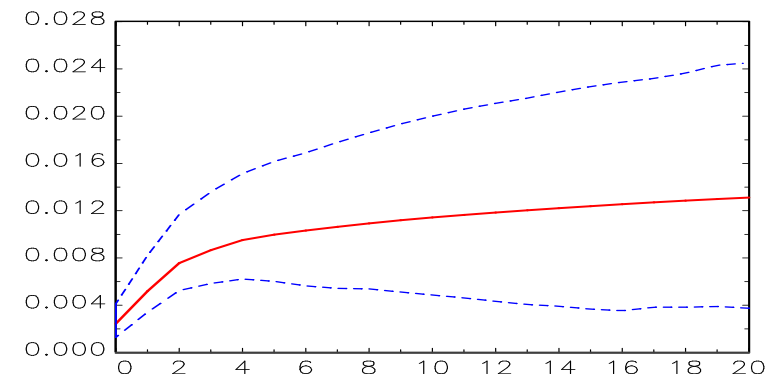
3 экзогенные переменные:

цена нефти (*oil*)
средневзвешенный зарубежный реальный ВВП (*gdp_x*)
номинальный обменный курс российского рубля по отношению к доллару США (*nerru*)

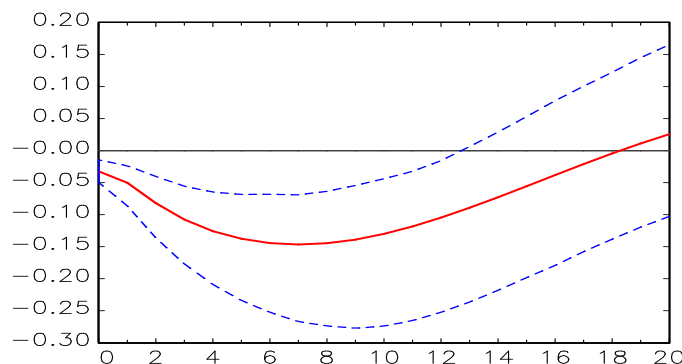
Отклик белорусского реального ВВП на положительный шок цены на нефть



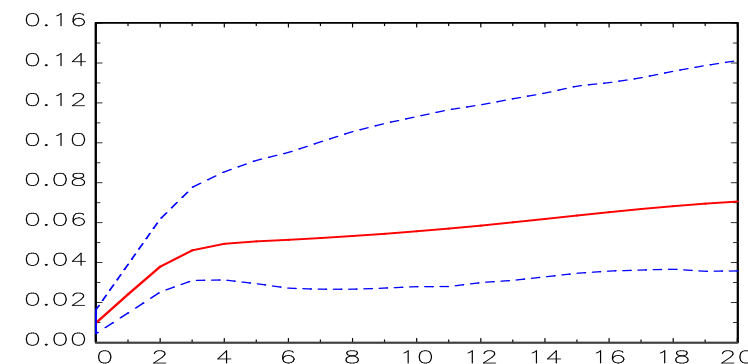
Отклик белорусского реального ВВП на положительный шок внешнего реального ВВП



Отклик белорусского номинального обменного курса на положительный шок цены на нефть



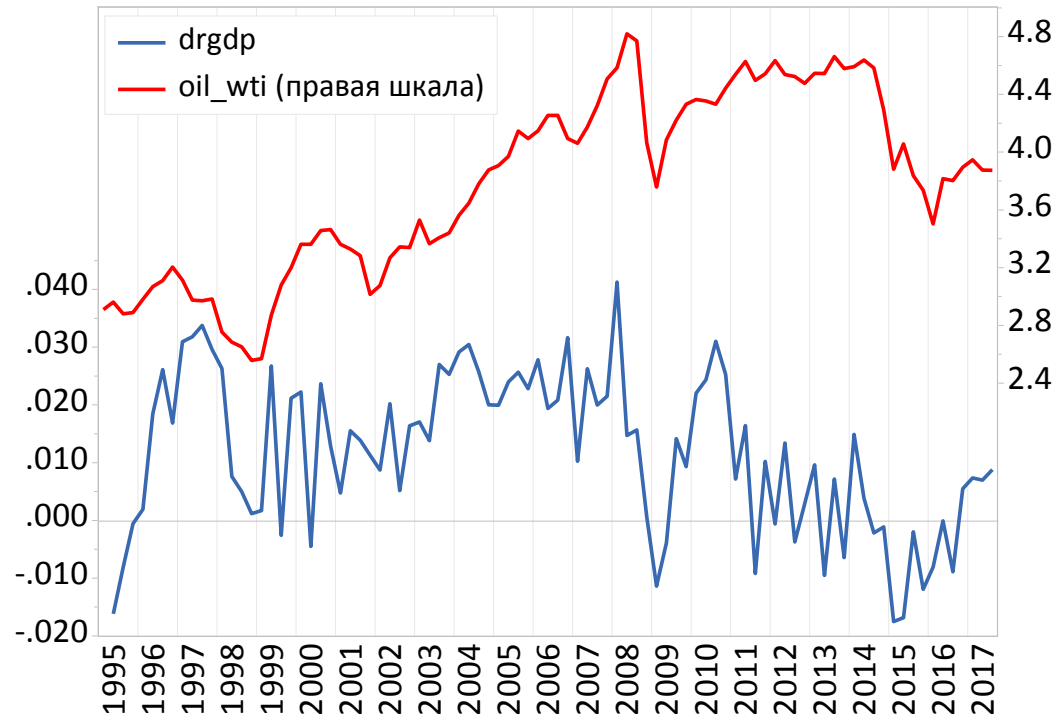
Отклик белорусского ИПЦ на положительный шок номинального обменного курса российского рубля



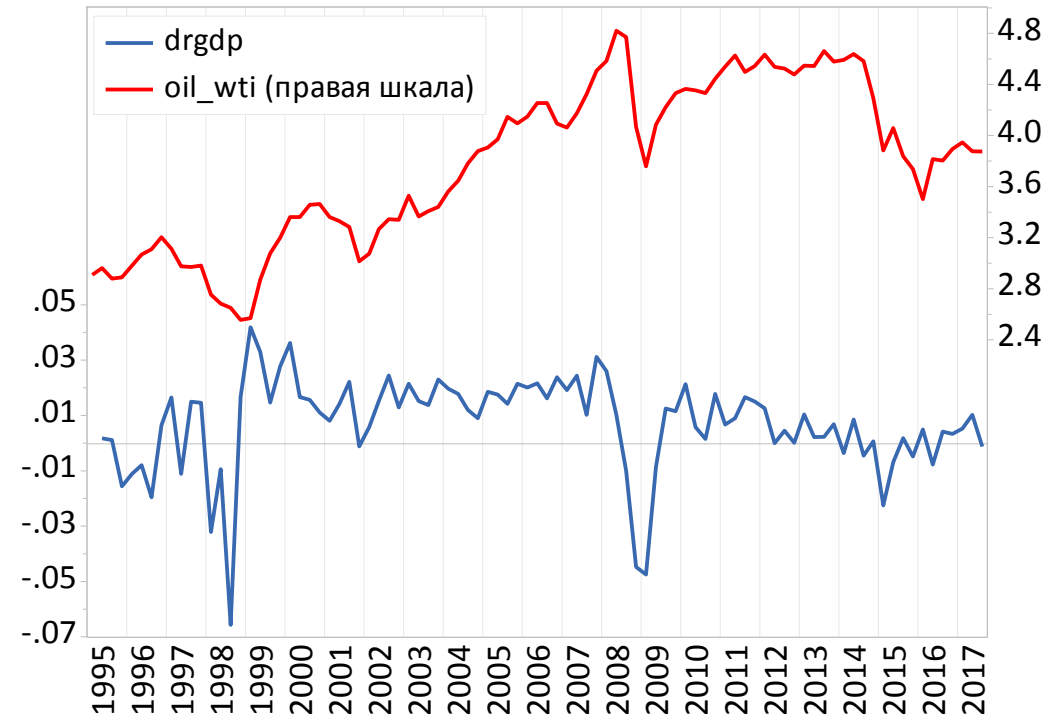
Источник: Пелипась И., Шиманович Г. (2017) Международные связи и внешние шоки: использование глобальной VAR-модели для Беларуси, Банковский вестник, 3, 3–14; 4, 24–32.

Пример 1: Цена нефти и прирост реального ВВП

Беларусь



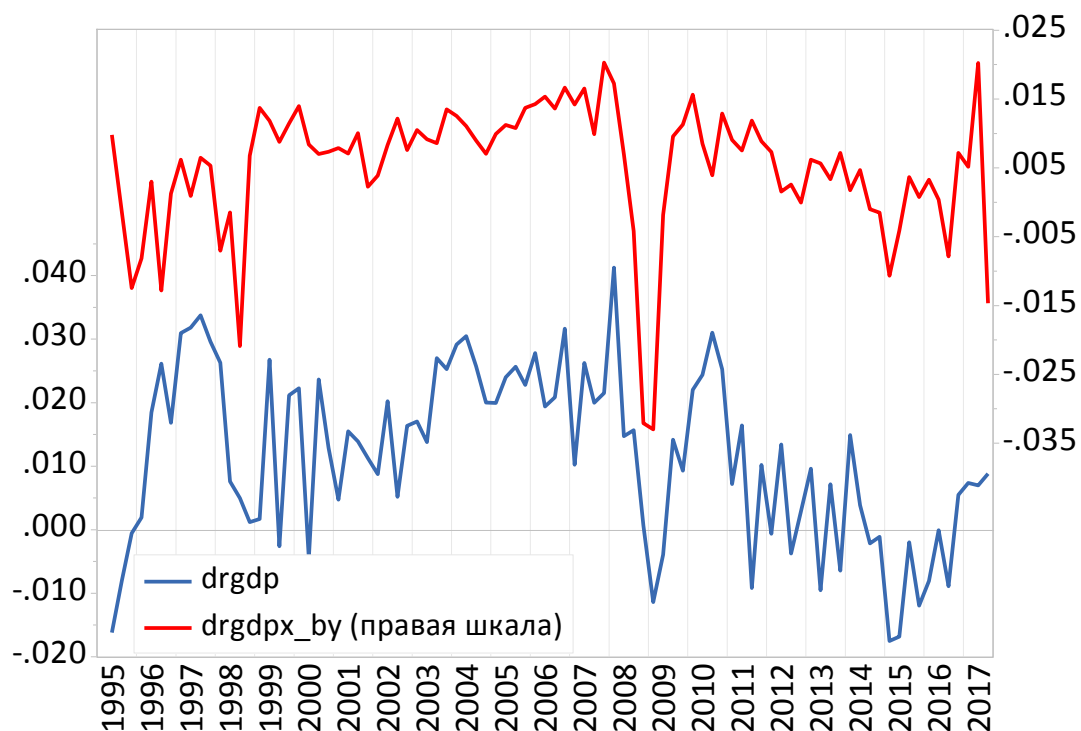
Россия



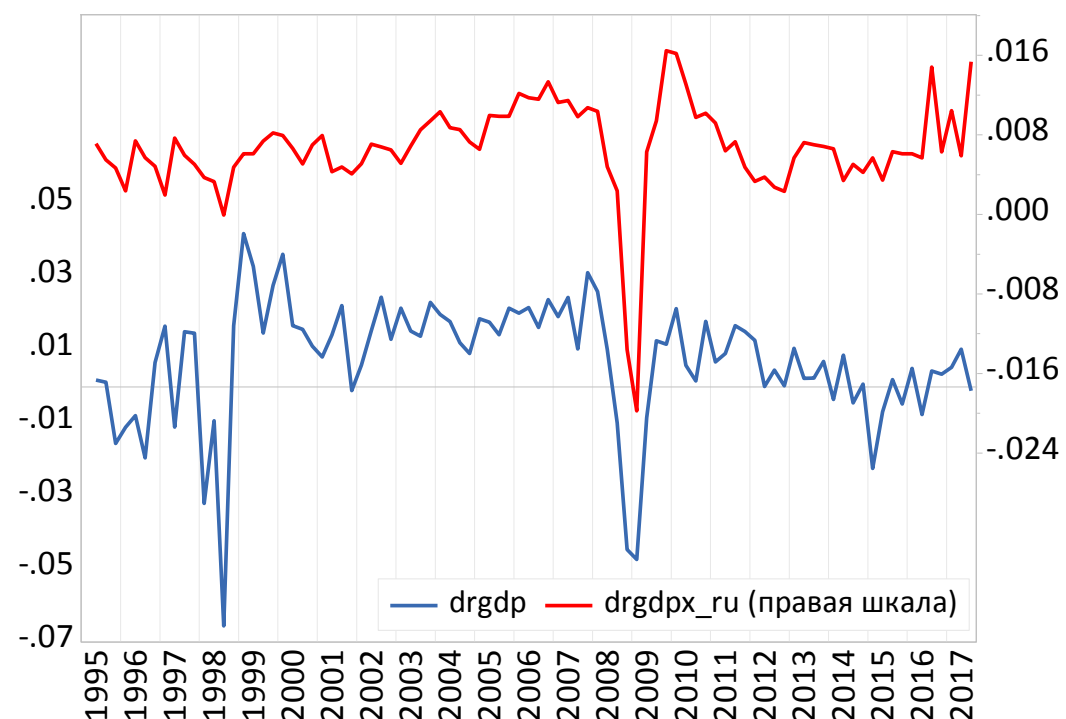
Примечание: данные представлены в натуральных логарифмах; реальный ВВП в ценах 2014 г.

Пример 2: Динамика внутреннего и внешнего реального ВВП

Беларусь



Россия



Примечание: данные представлены в натуральных логарифмах; реальный ВВП в ценах 2014 г.

Некоторые предварительные замечания

- Динамика реального ВВП и цены на нефть демонстрирует определенную согласованность, причем, в Беларуси она выражена сильнее, чем в России
- Аналогичная ситуация наблюдается и в динамике реального внутреннего и внешнего ВВП
- Между рассмотренными показателями возможна долгосрочная связь (коинтеграция)
- Это можно легко проверить при помощи одномерного теста Энгла-Грэнджера на коинтеграцию, поскольку направленность связей здесь очевидна (одна эндогенная и одна экзогенная переменная)

Тест Энгла-Грэнджера (с трендом и без него)

$$rgdp_t = c + a_1 trend + a_2 oil_t^{wti} + u_t$$

- Беларусь:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|-----------|---------------|--------|
| RGDP2014 | -3.267323 | 0.1820 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDP2014 | -2.491064 | 0.2913 |

- Россия:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|------------|---------------|--------|
| RGDPRU2014 | -3.446893 | 0.1298 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDPRU2014 | -1.772337 | 0.6450 |

$$rgdp_t = c + a_1 trend + a_2 rgdpx_t + u_t$$

- Беларусь:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|-----------|---------------|--------|
| RGDP2014 | -3.283574 | 0.1770 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDP2014 | -3.505971 | 0.0393 |

- Россия:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|------------|---------------|--------|
| RGDPRU2014 | -0.272972 | 0.9977 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDPRU2014 | -0.519635 | 0.9613 |

Концепция скрытой коинтеграции (hidden cointegration)

- Granger, C., Yoon, G. (2002) Hidden Cointegration. Department of Economics, University of California, San Diego. Unpublished Working Paper
- Суть концепции: если между исходными уровнями временных рядов (предполагается порядок интегрированности $I(1)$) коинтеграция отсутствует, но она имеет место между **положительными** и **отрицательными компонентами** этих рядов, то мы имеем дело со скрытой коинтеграцией
- Чтобы осуществить анализ наличия скрытой коинтеграции, необходимо разложить исследуемые временные ряды на положительные и отрицательные компоненты

Разложение временного ряда на положительный и отрицательный компоненты

Пусть x_t является переменной с порядком интегрированности $I(1)$, которая может быть разложена на положительный и отрицательный компонент следующим образом:

$$x_t = x_0 = x_t^+ + x_t^-,$$

где x_0 – исходное значение временного ряда; x_t^+ и x_t^- – положительный и отрицательный компонент временного ряда соответственно. При этом

$$x_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j, 0), \quad x_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta x_j, 0).$$

Источник: Shin, Y., Yu, B., Greenwood-Nimmo, M.J. (2014) Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. In William C. Horrace and Robin C. Sickles (Eds.), Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications, New York: Springer, pp. 281–314.

Разложение временного ряда на положительный и отрицательный компоненты (продолжение)

- В рассмотренном выше случае **пороговое значение** для выделения положительного и отрицательного компонентов **равно 0**. Такой подход обеспечивает интуитивно понятную интерпретацию, но имеет существенные недостатки (например, временной ряд имеет поимущественно положительные или отрицательные тепы прироста)
- Выход: выбрать пороговое значение, равное некоторой величине ***d*** (это может быть **среднее значение** из приростов показателя, пороговое значение, определенное экзогенно или полученное на основе соответствующих эконометрических методов, например, пороговой регрессии)
- Тогда $x_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j, d)$, $x_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta x_j, d)$.

Указанный выше подход
корректно работает
только при $d = 0$, а при
 $d \neq 0$ (например, при $d =$
mean) нет

$$\Delta x_t^+ = \max(\Delta x_t, 0)$$

$$\Delta x_t^- = \min(\Delta x_t, 0)$$

$$\Delta x_t^+ = \max(\Delta x_t, \text{mean})$$

$$\Delta x_t^- = \min(\Delta x_t, \text{mean})$$

Во втором случае вместо нулей
функция возвращает среднее
значение 0.0107197, что ведет в
дальнейшем к неправильному
расчету кумулятивной суммы

корректно

| | maxDopwti | minDopwti |
|---------|------------|------------|
| 1995(1) | missing | missing |
| 1995(2) | .0521919 | 0 |
| 1995(3) | 0 | -.0826174 |
| 1995(4) | .0100597 | 0 |
| 1996(1) | .0915116 | 0 |
| 1996(2) | .0878708 | 0 |
| 1996(3) | .0409769 | 0 |
| 1996(4) | .0945664 | 0 |
| 1997(1) | 0 | -.0915968 |
| 1997(2) | 0 | -.137755 |
| 1997(3) | 0 | -.00443384 |
| 1997(4) | .011386 | 0 |
| 1998(1) | 0 | -.228735 |
| 1998(2) | 0 | -.0692508 |
| 1998(3) | 0 | -.0333287 |
| 1998(4) | 0 | -.0936876 |
| 1999(1) | .0120746 | 0 |
| 1999(2) | .302259 | 0 |
| 1999(3) | .207238 | 0 |
| 1999(4) | .121085 | 0 |
| 2000(1) | .16156 | 0 |
| 2000(2) | .000693642 | 0 |

нет

| | maxDopwti_m | minDopwti_m |
|---------|-------------|-------------|
| 1995(1) | missing | missing |
| 1995(2) | .0521919 | .0107198 |
| 1995(3) | .0107198 | -.0826174 |
| 1995(4) | .0107198 | .0100597 |
| 1996(1) | .0915116 | .0107198 |
| 1996(2) | .0878708 | .0107198 |
| 1996(3) | .0409769 | .0107198 |
| 1996(4) | .0945664 | .0107198 |
| 1997(1) | .0107198 | -.0915968 |
| 1997(2) | .0107198 | -.137755 |
| 1997(3) | .0107198 | -.00443384 |
| 1997(4) | .011386 | .0107198 |
| 1998(1) | .0107198 | -.228735 |
| 1998(2) | .0107198 | -.0692508 |
| 1998(3) | .0107198 | -.0333287 |
| 1998(4) | .0107198 | -.0936876 |
| 1999(1) | .0120746 | .0107198 |
| 1999(2) | .302259 | .0107198 |
| 1999(3) | .207238 | .0107198 |
| 1999(4) | .121085 | .0107198 |
| 2000(1) | .16156 | .0107198 |
| 2000(2) | .0107198 | .000693642 |

Корректное разложение временного ряда на положительный и отрицательный компоненты

Eviews code ($d = 0$)

```
genr dx = d(x)
genr pos = dx >= 0
genr dx_p = pos * dx
genr dx_n = (1 - pos) * dx
genr x_p = @cumsum(dx_p)
genr x_n = @cumsum(dx_n)
```

Eviews code ($d = mean$)

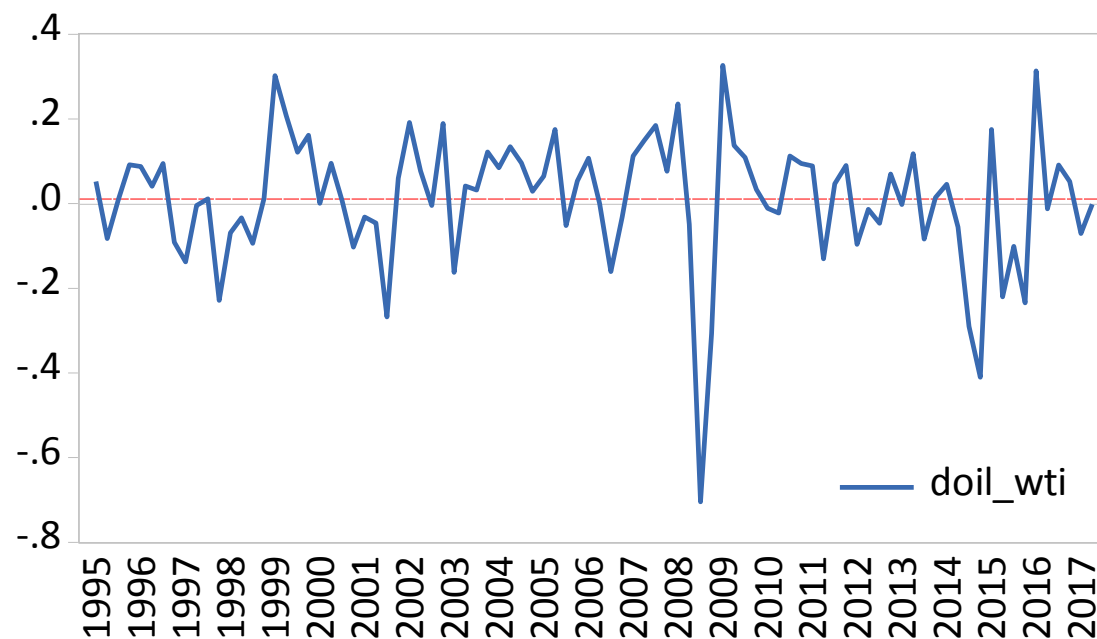
```
genr dx = d(x)
genr pos = dx >= @mean(x)
genr dx_p = pos * dx
genr dx_n = (1 - pos) * dx
genr x_p = @cumsum(dx_p)
genr x_n = @cumsum(dx_n)
```

Eviews code ($d = d$)

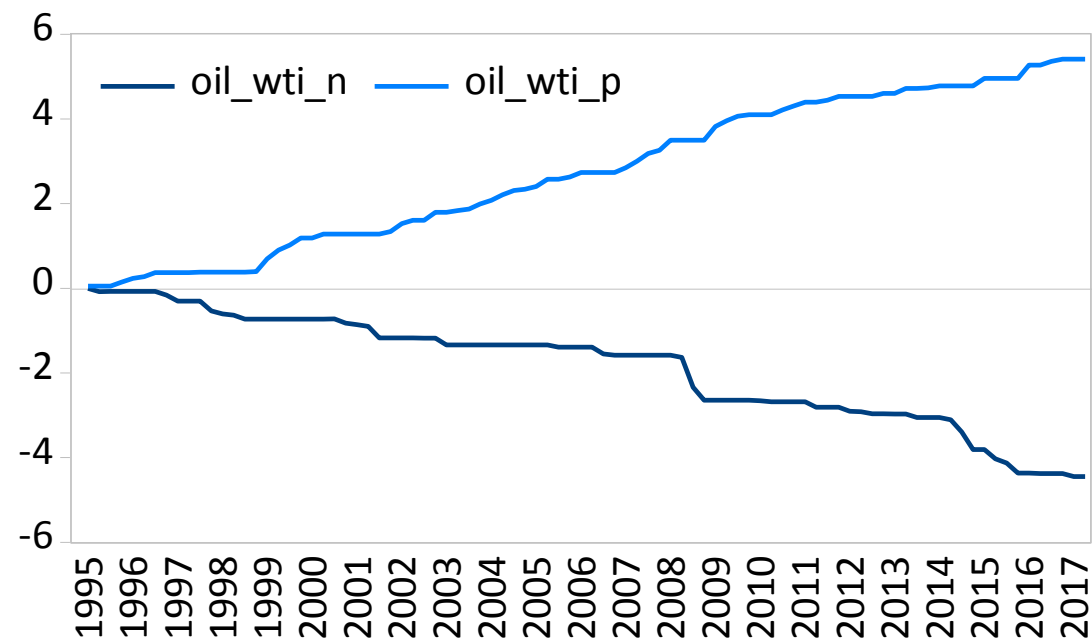
```
genr dx = d(x)
genr pos = dx >= d
genr dx_p = pos * dx
genr dx_n = (1 - pos) * dx
genr x_p = @cumsum(dx_p)
genr x_n = @cumsum(dx_n)
```

Цена нефти: кумулятивная сумма положительных и отрицательных компонентов

Темпы прироста

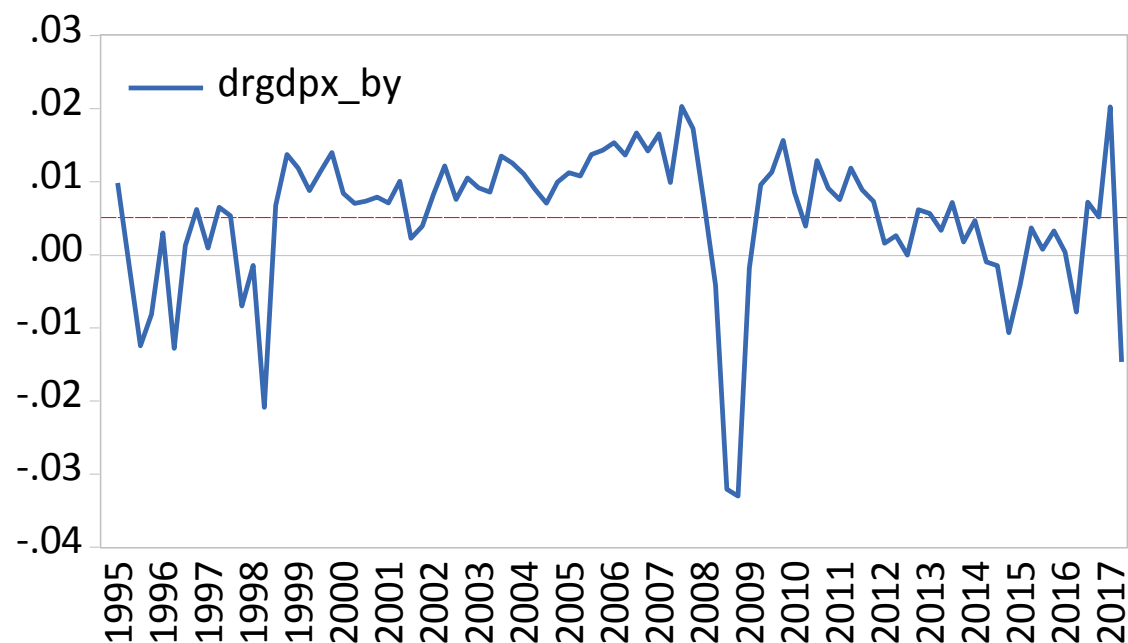


Кумулятивная сумма

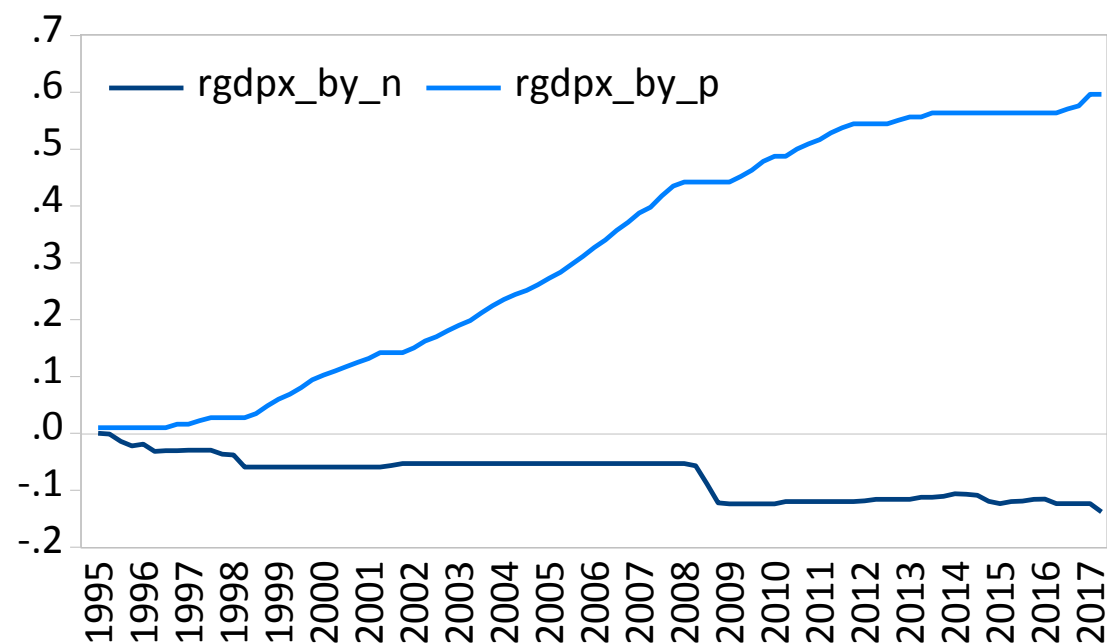


Внешний реальный ВВП: кумулятивная сумма положительных и отрицательных компонентов

Темпы прироста



Кумулятивная сумма



Тест Энгла-Грэнджера с учетом асимметричности влияния (с трендом и без него)

$$rgdp_t = c + a_1 trend + a_2 oil_t^{wti+} + a_3 oil_t^{wti-} + u_t \quad rgdp_t = c + a_1 trend + a_2 rgdp x_t^+ + a_3 rgdp x_t^- + u_t$$

■ Беларусь:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|-----------|---------------|--------|
| RGDP2014 | -2.545578 | 0.6823 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDP2014 | -3.608499 | 0.0836 |

■ Россия:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|------------|---------------|--------|
| RGDPRU2014 | -3.572161 | 0.1989 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDPRU2014 | -3.092037 | 0.2216 |

■ Беларусь:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|-----------|---------------|--------|
| RGDP2014 | -2.535176 | 0.6873 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDP2014 | -1.587682 | 0.8764 |

■ Россия:

| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
|------------|---------------|--------|
| RGDPRU2014 | -0.262956 | 0.9993 |
| Dependent | tau-statistic | Prob.* |
| RGDPRU2014 | -0.594305 | 0.9862 |

Некоторые промежуточные выводы

- Тест Энгла-Грэнджера не выявил наличия коинтеграции между рассматриваемыми переменными, в том числе и при учете возможной асимметричности влияния независимых переменных
- Данный тест имеет существенный недостаток – он не учитывает динамических свойств исследуемых данных и налагает на их динамику ограничение **общего фактора**. Гипотеза наличия общего фактора является тестируемой. Ошибочное наложение ограничения общего фактора снижает мощность теста Энгла-Грэнджера и ведет к смещенным оценкам в конечных выборках
- Следовательно, нужно учитывать динамические характеристики данных

ARDL: авторегрессионная модель с распределенным лагом

- Banerjee, A., Dolado, J. J., Galbraith, J. W., Hendry, D., et al. (1993) Co-integration, error correction, and the econometric analysis of non-stationary data. Oxford University Press.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., Smith, R. J. (2001) Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of applied econometrics, 16, 289–326 (≈7500 цитирований).
- Обзоры на сайте Eviews:
<http://blog.eviews.com/2017/04/autoregressive-distributed-lag-ardl.html>
http://blog.eviews.com/2017/05/autoregressive-distributed-lag-ardl_8.html
<http://blog.eviews.com/2017/05/autoregressive-distributed-lag-ardl.html>

В общем виде ARDL-модель может быть представлена следующим образом:

$$y_t = a_0 + a_1 t + \sum_{i=1}^p \psi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=0}^{q_j} \beta_{j,l_j} x_{j,t-l_j} + \epsilon_t$$

ARDL: удобное преобразование (условная модель с механизмом корректировки)

ARDL-модель может быть преобразована в удобном для дальнейшего анализа виде:

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 t + b_0 y_{t-1} + \sum_{j=1}^k b_j x_{j,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} c_i \Delta y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=0}^{q_j-1} c_{j,l_j} \Delta x_{j,t-l_j} + \epsilon_t$$

- Данная регрессия представляет собой модель с корректировкой равновесия и используется для тестирования наличия долгосрочной связи (коинтеграции) между исследуемыми переменными и расчета параметров долгосрочной связи (коинтеграционного уравнения)
- Зависимая переменная – $I(1)$, независимые переменные – может быть комбинация $I(1)$ и $I(0)$

ARDL: спецификация

Включение в модель детерминистических компонентов (5 случаев)

- Случай 1: Нет константы и тренда
- Случай 2: Ограничение – константа включена в коинтеграционное пространство, нет тренда
- Случай 3: Константа без ограничений, нет тренда,
- Случай 4: Константа без ограничений, ограничение – тренд включен в коинтеграционное пространство
- Случай 5: Константа и тренд без ограничений

В правой части модели переменные должны быть слабо экзогенными, модель должна проходить стандартные тесты спецификации и быть рекурсивно стабильной

ARDL: предельный тест на коинтеграцию и оценка параметров долгосрочной связи

При тестировании на коинтеграцию используется F -тест (тест Вальда), стандартные ошибки для параметров долгосрочной связи рассчитываются при помощи дельта-метода

- Случай 1: $H_0: b_0 = b_j = 0, \forall j; EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k (-\frac{b_j}{b_0}) x_{j,t}$
- Случай 2: $H_0: a_0 = b_0 = b_j = 0, \forall j; EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k (-\frac{b_j}{b_0}) x_{j,t} - \frac{a_0}{b_0}$
- Случай 3: $H_0: b_0 = b_j = 0, \forall j; EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k (-\frac{b_j}{b_0}) x_{j,t}$ (константа в ARDL)
- Случай 4: $H_0: a_1 = b_0 = b_j = 0, \forall j; EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k (-\frac{b_j}{b_0}) x_{j,t} - \frac{a_1}{b_0} t$
- Случай 5: $H_0: b_0 = b_j = 0, \forall j; EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k (-\frac{b_j}{b_0}) x_{j,t}$ (константа и тренд в ARDL)

ARDL: критические значения (пример для случая 3)

- F -тест (предельный тест)

Table CI(iii) Case III: Unrestricted intercept and no trend

| k | 0.100 | | 0.050 | | 0.025 | | 0.010 | | Mean | | Variance | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ |
| 0 | 6.58 | 6.58 | 8.21 | 8.21 | 9.80 | 9.80 | 11.79 | 11.79 | 3.05 | 3.05 | 7.07 | 7.07 |
| 1 | 4.04 | 4.78 | 4.94 | 5.73 | 5.77 | 6.68 | 6.84 | 7.84 | 2.03 | 2.52 | 2.28 | 2.89 |
| 2 | 3.17 | 4.14 | 3.79 | 4.85 | 4.41 | 5.52 | 5.15 | 6.36 | 1.69 | 2.35 | 1.23 | 1.77 |
| 3 | 2.72 | 3.77 | 3.23 | 4.35 | 3.69 | 4.89 | 4.29 | 5.61 | 1.51 | 2.26 | 0.82 | 1.27 |
| 4 | 2.45 | 3.52 | 2.86 | 4.01 | 3.25 | 4.49 | 3.74 | 5.06 | 1.41 | 2.21 | 0.60 | 0.98 |
| 5 | 2.26 | 3.35 | 2.62 | 3.79 | 2.96 | 4.18 | 3.41 | 4.68 | 1.34 | 2.17 | 0.48 | 0.79 |
| 6 | 2.12 | 3.23 | 2.45 | 3.61 | 2.75 | 3.99 | 3.15 | 4.43 | 1.29 | 2.14 | 0.39 | 0.66 |
| 7 | 2.03 | 3.13 | 2.32 | 3.50 | 2.60 | 3.84 | 2.96 | 4.26 | 1.26 | 2.13 | 0.33 | 0.58 |
| 8 | 1.95 | 3.06 | 2.22 | 3.39 | 2.48 | 3.70 | 2.79 | 4.10 | 1.23 | 2.12 | 0.29 | 0.51 |
| 9 | 1.88 | 2.99 | 2.14 | 3.30 | 2.37 | 3.60 | 2.65 | 3.97 | 1.21 | 2.10 | 0.25 | 0.45 |
| 10 | 1.83 | 2.94 | 2.06 | 3.24 | 2.28 | 3.50 | 2.54 | 3.86 | 1.19 | 2.09 | 0.23 | 0.41 |

ARDL: критические значения (пример для случая 3)

■ t -тест

Table CII(iii) Case III: Unrestricted intercept and no trend

| k | 0.100 | | 0.050 | | 0.025 | | 0.010 | | Mean | | Variance | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ | $I(0)$ | $I(1)$ |
| 0 | -2.57 | -2.57 | -2.86 | -2.86 | -3.13 | -3.13 | -3.43 | -3.43 | -1.53 | -1.53 | 0.72 | 0.71 |
| 1 | -2.57 | -2.91 | -2.86 | -3.22 | -3.13 | -3.50 | -3.43 | -3.82 | -1.53 | -1.80 | 0.72 | 0.81 |
| 2 | -2.57 | -3.21 | -2.86 | -3.53 | -3.13 | -3.80 | -3.43 | -4.10 | -1.53 | -2.04 | 0.72 | 0.86 |
| 3 | -2.57 | -3.46 | -2.86 | -3.78 | -3.13 | -4.05 | -3.43 | -4.37 | -1.53 | -2.26 | 0.72 | 0.89 |
| 4 | -2.57 | -3.66 | -2.86 | -3.99 | -3.13 | -4.26 | -3.43 | -4.60 | -1.53 | -2.47 | 0.72 | 0.91 |
| 5 | -2.57 | -3.86 | -2.86 | -4.19 | -3.13 | -4.46 | -3.43 | -4.79 | -1.53 | -2.65 | 0.72 | 0.92 |
| 6 | -2.57 | -4.04 | -2.86 | -4.38 | -3.13 | -4.66 | -3.43 | -4.99 | -1.53 | -2.83 | 0.72 | 0.93 |
| 7 | -2.57 | -4.23 | -2.86 | -4.57 | -3.13 | -4.85 | -3.43 | -5.19 | -1.53 | -3.00 | 0.72 | 0.94 |
| 8 | -2.57 | -4.40 | -2.86 | -4.72 | -3.13 | -5.02 | -3.43 | -5.37 | -1.53 | -3.16 | 0.72 | 0.96 |
| 9 | -2.57 | -4.56 | -2.86 | -4.88 | -3.13 | -5.18 | -3.42 | -5.54 | -1.53 | -3.31 | 0.72 | 0.96 |
| 10 | -2.57 | -4.69 | -2.86 | -5.03 | -3.13 | -5.34 | -3.43 | -5.68 | -1.53 | -3.46 | 0.72 | 0.96 |

Пример ARDL: PSS(2001)

The asymptotic theory developed in the paper is not affected by the inclusion of such ‘one-off’ dummy variables.¹⁷ Let $\mathbf{z}_t = (w_t, Prod_t, UR_t, Wedge_t, Union_t)' = (w_t, \mathbf{x}_t)'$. Then, using the analysis of Section 2, the conditional ECM of interest can be written as

$$\Delta w_t = c_0 + c_1 t + c_2 D7475_t + c_3 D7579_t + \pi_{ww} w_{t-1} + \pi_{wx.x} \mathbf{x}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \psi_i' \Delta \mathbf{z}_{t-i} + \delta' \Delta \mathbf{x}_t + u_t$$

$D7475_t = 1$, over the period 1974q1 – 1975q4, 0 elsewhere

$D7579_t = 1$, over the period 1975q1 – 1979q4, 0 elsewhere

The five variables in the earnings equation were constructed from primary sources in the following manner: $w_t = \ln(ERPR_t/PYNONG_t)$, $Wedge_t = \ln(1 + TE_t) + \ln(1 - TD_t) - \ln(RPIX_t/PYNONG_t)$, $UR_t = \ln(100 \times ILOU_t/(ILOU_t + WFEMP_t))$, $Prod_t = \ln((YPROM_t + 278.29 \times YMF_t)/(EMF_t + ENMF_t))$, and $Union_t = \ln(UDEN_t)$, where $ERPR_t$ is average private sector earnings per employee (£), $PYNONG_t$ is the non-oil non-government GDP deflator, $YPROM_t$ is output in the private, non-oil, non-manufacturing, and public traded sectors at constant factor cost (£ million, 1990), YMF_t is the manufacturing output index adjusted for stock changes (1990 = 100), EMF_t and $ENMF_t$ are respectively employment in UK manufacturing and non-manufacturing sectors (thousands), $ILOU_t$ is the International Labour Office (ILO) measure of unemployment (thousands), $WFEMP_t$ is total employment (thousands), TE_t is the average employers’ National Insurance contribution rate, TD_t is the average direct tax rate on employment incomes, $RPIX_t$ is the Retail Price Index excluding mortgage payments, and $UDEN_t$ is union density (used to proxy ‘union power’) measured by union membership as a percentage of employment.²² The time series plots of the five variables included in the VAR model are given in Figures 1–3.

Пример ARDL: PSS(2001)

Figure 1a. Real wages and labour productivity

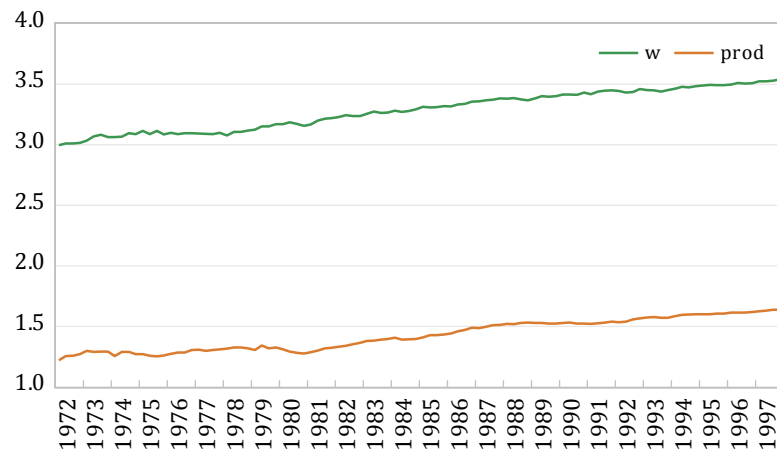


Figure 1b. Rate of change of real wages and labour productivity

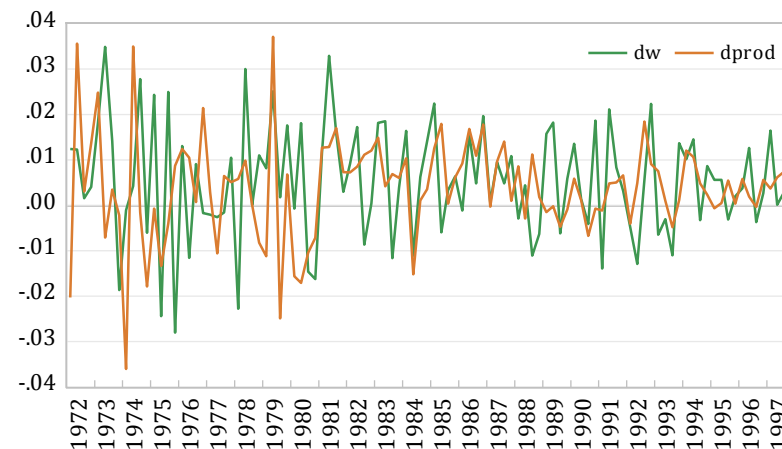


Figure 2. The wedge and the unionization variables

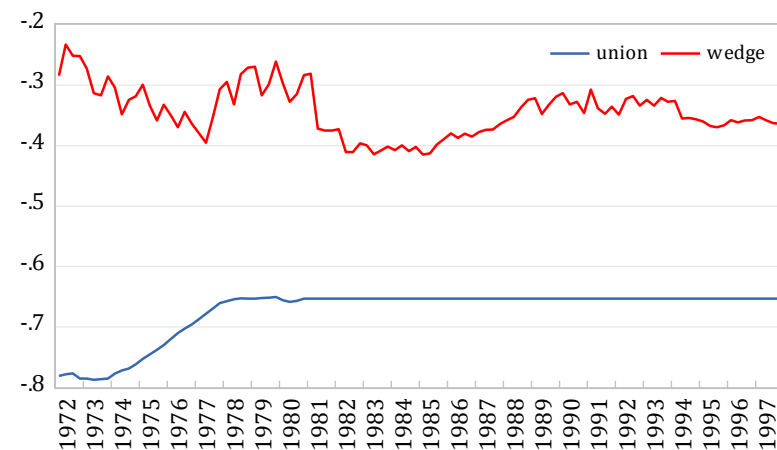
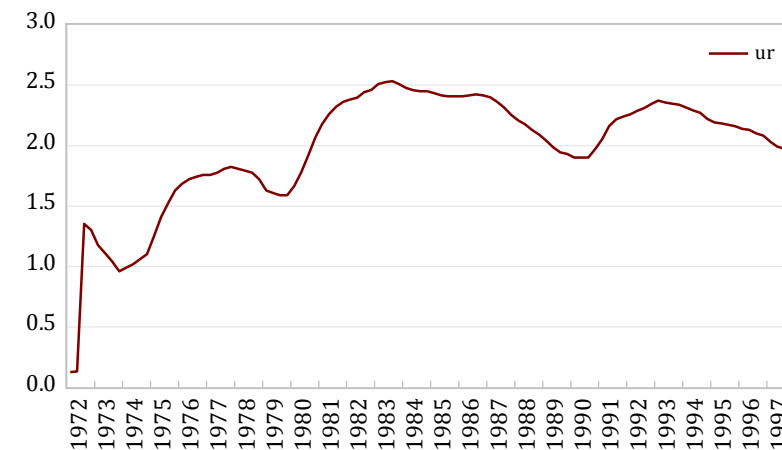


Figure 3. The unemployment rate



Пример ARDL: результаты в PSS(2001)

Table II. F - and t -statistics for testing the existence of a levels earnings equation

| p | With deterministic trends | | | Without deterministic trends | |
|-----|---------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| | F_{IV} | F_V | t_V | F_{III} | t_{III} |
| 4 | 2.99 ^a | 2.34 ^a | -2.26 ^a | 3.63 ^b | -3.02 ^b |
| 5 | 4.42 ^c | 3.96 ^b | -2.83 ^a | 5.23 ^c | -4.00 ^c |
| 6 | 4.78 ^c | 3.59 ^b | -2.44 ^a | 5.42 ^c | -3.48 ^b |

Notes: See the notes to Table I. F_{IV} is the F -statistic for testing $\pi_{ww} = 0$, $\pi_{wx,x} = \mathbf{0}'$ and $c_1 = 0$ in (30). F_V is the F -statistic for testing $\pi_{ww} = 0$ and $\pi_{wx,x} = \mathbf{0}'$ in (30). F_{III} is the F -statistic for testing $\pi_{ww} = 0$ and $\pi_{wx,x} = \mathbf{0}'$ in (30) with c_1 set equal to 0. t_V and t_{III} are the t -ratios for testing $\pi_{ww} = 0$ in (30) with and without a deterministic linear trend. ^a indicates that the statistic lies below the 0.05 lower bound, ^b that it falls within the 0.05 bounds, and ^c that it lies above the 0.05 upper bound.

This resulted in the choice of an $ARDL(6, 0, 5, 4, 5)$ specification with estimates of the levels relationship given by

$$w_t = 1.063 \text{ } Prod_t - 0.105 \text{ } UR_t - 0.943 \text{ } Wedge_t + 1.481 \text{ } Union_t + 2.701 + \hat{v}_t \quad (31)$$

(0.050) (0.034) (0.265) (0.311) (0.242)

Table III. Equilibrium correction form of the $ARDL(6, 0, 5, 4, 5)$ earnings equation

| Regressor | Coefficient | Standard error | p -value |
|----------------------|-------------|----------------|------------|
| \hat{v}_{t-1} | -0.229 | 0.0586 | N/A |
| Δw_{t-1} | -0.418 | 0.0974 | 0.000 |
| Δw_{t-2} | -0.328 | 0.1089 | 0.004 |
| Δw_{t-3} | -0.523 | 0.1043 | 0.000 |
| Δw_{t-4} | -0.133 | 0.0892 | 0.140 |
| Δw_{t-5} | -0.197 | 0.0807 | 0.017 |
| $\Delta Prod_t$ | 0.315 | 0.0954 | 0.001 |
| ΔUR_t | 0.003 | 0.0083 | 0.683 |
| ΔUR_{t-1} | 0.016 | 0.0119 | 0.196 |
| ΔUR_{t-2} | 0.003 | 0.0118 | 0.797 |
| ΔUR_{t-3} | 0.028 | 0.0113 | 0.014 |
| ΔUR_{t-4} | 0.027 | 0.0122 | 0.031 |
| $\Delta Wedge_t$ | -0.297 | 0.0534 | 0.000 |
| $\Delta Wedge_{t-1}$ | -0.048 | 0.0592 | 0.417 |
| $\Delta Wedge_{t-2}$ | -0.093 | 0.0569 | 0.105 |
| $\Delta Wedge_{t-3}$ | -0.188 | 0.0560 | 0.001 |
| $\Delta Union_t$ | -0.969 | 0.8169 | 0.239 |
| $\Delta Union_{t-1}$ | -2.915 | 0.8395 | 0.001 |
| $\Delta Union_{t-2}$ | -0.021 | 0.9023 | 0.981 |
| $\Delta Union_{t-3}$ | -0.101 | 0.7805 | 0.897 |
| $\Delta Union_{t-4}$ | -1.995 | 0.7135 | 0.007 |
| Intercept | 0.619 | 0.1554 | 0.000 |
| $D7475_t$ | 0.029 | 0.0063 | 0.000 |
| $D7579_t$ | 0.017 | 0.0063 | 0.009 |

Пример ARDL: наши результаты

Equation Estimation

Specification Options

Dynamic Specification
Dependent variable followed by list of dynamic regressors. Use @fl(variable,lag) to manually specify a fixed lag.

w prod ur wedge union

☒ Automatic Selection ☐ Fixed

Dependent Variable: Max lags: 6

Regressors: Max lags: 6

Fixed regressors
Trend specification: 3. Constant

List of fixed regressors: d7475 d7579

Estimation settings
Method: ARDL - Auto-regressive Distributed Lag Models

Sample: 1972q1 1997q4

OK Отмена

ARDL Long Run Form and Bounds Test

Dependent Variable: D(W)

Selected Model: ARDL(6, 0, 5, 4, 5)

Case 3: Unrestricted Constant and No Trend

Date: 03/04/18 Time: 19:12

Sample: 1972Q1 1997Q4

Included observations: 104

F-Bounds Test

Null Hypothesis: No levels relationship

| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
|------------------------|----------|---------|-------|-------|
| Asymptotic: n=1000 | | | | |
| F-statistic | 7.366842 | 10% | 2.45 | 3.52 |
| k | 4 | 5% | 2.86 | 4.01 |
| | | 2.5% | 3.25 | 4.49 |
| | | 1% | 3.74 | 5.06 |
| Actual Sample Size 104 | | | | |
| Finite Sample: n=80 | | | | |
| | | 10% | 2.548 | 3.644 |
| | | 5% | 3.01 | 4.216 |
| | | 1% | 4.096 | 5.512 |

t-Bounds Test

Null Hypothesis: No levels relationship

| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
|----------------|-----------|---------|-------|-------|
| t-statistic | -4.743852 | 10% | -2.57 | -3.66 |
| | | 5% | -2.86 | -3.99 |
| | | 2.5% | -3.13 | -4.26 |
| | | 1% | -3.43 | -4.6 |

Пример ARDL: наши результаты (продолжение)

| Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend | | | | |
|---|-------------|------------|-------------|--------|
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| PROD | 1.069227 | 0.045147 | 23.68325 | 0.0000 |
| UR | -0.101054 | 0.030389 | -3.325308 | 0.0014 |
| WEDGE | -0.932195 | 0.243214 | -3.832821 | 0.0003 |
| UNION | 1.459410 | 0.284757 | 5.125113 | 0.0000 |
| EC = W - (1.0692*PROD -0.1011*UR -0.9322*WEDGE + 1.4594*UNION) | | | | |

| ECM Regression Case 3: Unrestricted Constant and No Trend | | | | |
|--|-------------|------------|-------------|--------|
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| C | 0.660422 | 0.103955 | 6.352960 | 0.0000 |
| D(W(-1)) | -0.418152 | 0.090471 | -4.621971 | 0.0000 |
| D(W(-2)) | -0.337123 | 0.095276 | -3.538372 | 0.0007 |
| D(W(-3)) | -0.535501 | 0.093270 | -5.741389 | 0.0000 |
| D(W(-4)) | -0.132476 | 0.081716 | -1.621180 | 0.1091 |
| D(W(-5)) | -0.201784 | 0.074891 | -2.694357 | 0.0087 |
| D(UR) | 0.003874 | 0.006968 | 0.555967 | 0.5798 |
| D(UR(-1)) | 0.018080 | 0.009517 | 1.899892 | 0.0612 |
| D(UR(-2)) | 0.006426 | 0.009175 | 0.700319 | 0.4858 |
| D(UR(-3)) | 0.027676 | 0.009817 | 2.819109 | 0.0061 |
| D(UR(-4)) | 0.030499 | 0.009229 | 3.304583 | 0.0014 |
| D(WEDGE) | -0.305990 | 0.048547 | -6.302932 | 0.0000 |
| D(WEDGE(-1)) | -0.042841 | 0.051334 | -0.834564 | 0.4065 |
| D(WEDGE(-2)) | -0.092242 | 0.053197 | -1.733972 | 0.0869 |
| D(WEDGE(-3)) | -0.188605 | 0.053489 | -3.526022 | 0.0007 |
| D(UNION) | -0.955714 | 0.712078 | -1.342149 | 0.1835 |
| D(UNION(-1)) | -2.783421 | 0.775809 | -3.587764 | 0.0006 |
| D(UNION(-2)) | -0.256036 | 0.798492 | -0.320650 | 0.7493 |
| D(UNION(-3)) | 0.055352 | 0.717999 | 0.077091 | 0.9388 |
| D(UNION(-4)) | -2.185799 | 0.613290 | -3.564057 | 0.0006 |
| D7475 | 0.030109 | 0.005101 | 5.902706 | 0.0000 |
| D7579 | 0.016954 | 0.004581 | 3.700774 | 0.0004 |
| CointEq(-1)* | -0.247158 | 0.039706 | -6.224763 | 0.0000 |

Пример ARDL: воспроизводим результаты PSS(2001)

Equation Estimation

Specification Options

Dynamic Specification
Dependent variable followed by list of dynamic regressors. Use @fl(variable,lag) to manually specify a fixed lag.

w @fl(prod,1) ur wedge union

☒ Automatic Selection ☐ Fixed

Dependent Variable: Max lags: 6

Regressors: Max lags: 6

Fixed regressors
Trend specification: 3. Constant

List of fixed regressors: d7475 d7579

Estimation settings
Method: ARDL - Auto-regressive Distributed Lag Models

Sample: 1972q1 1997q4

OK Отмена

Dependent Variable: W
Method: ARDL
Date: 03/04/18 Time: 19:25
Sample: 1972Q1 1997Q4
Included observations: 104
Maximum dependent lags: 6 (Automatic selection)
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)
Dynamic regressors (6 lags, partial automatic): @FL(PROD,1) UR
WEDGE UNION
Fixed regressors: D7475 D7579 C
Number of models evaluated: 2058
Selected Model: ARDL(6, 5, 4, 5, 1)

| F-Bounds Test | | Null Hypothesis: No levels relationship | | |
|---------------------|----------|---|-------|-------|
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| Asymptotic: n=1000 | | | | |
| F-statistic | 5.550088 | 10% | 2.45 | 3.52 |
| k | 4 | 5% | 2.86 | 4.01 |
| | | 2.5% | 3.25 | 4.49 |
| | | 1% | 3.74 | 5.06 |
| Finite Sample: n=80 | | | | |
| Actual Sample Size | 104 | 10% | 2.548 | 3.644 |
| | | 5% | 3.01 | 4.216 |
| | | 1% | 4.096 | 5.512 |

| t-Bounds Test | | Null Hypothesis: No levels relationship | | |
|----------------|-----------|---|-------|-------|
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| t-statistic | -3.914273 | 10% | -2.57 | -3.66 |
| | | 5% | -2.86 | -3.99 |
| | | 2.5% | -3.13 | -4.26 |
| | | 1% | -3.43 | -4.6 |

Пример ARDL: воспроизводим результаты PSS(2001) (продолжение)

| Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend | | | | |
|---|-------------|------------|-------------|--------|
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| UR | -0.104609 | 0.033670 | -3.106891 | 0.0027 |
| WEDGE | -0.942851 | 0.264982 | -3.558172 | 0.0006 |
| UNION | 1.480671 | 0.310611 | 4.766965 | 0.0000 |
| PROD | 1.063325 | 0.049990 | 21.27062 | 0.0000 |
| EC = W - (-0.1046*UR -0.9429*WEDGE + 1.4807*UNION + 1.0633 *PROD) | | | | |

| ECM Regression Case 3: Unrestricted Constant and No Trend | | | | |
|--|-------------|------------|-------------|--------|
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| C | 0.619143 | 0.112409 | 5.507927 | 0.0000 |
| D(W(-1)) | -0.417479 | 0.090852 | -4.595168 | 0.0000 |
| D(W(-2)) | -0.327934 | 0.096694 | -3.391453 | 0.0011 |
| D(W(-3)) | -0.523383 | 0.095549 | -5.477660 | 0.0000 |
| D(W(-4)) | -0.133031 | 0.082024 | -1.621865 | 0.1090 |
| D(W(-5)) | -0.196693 | 0.075506 | -2.604999 | 0.0110 |
| D(UR) | 0.003404 | 0.007024 | 0.484574 | 0.6294 |
| D(UR(-1)) | 0.015527 | 0.009777 | 1.588104 | 0.1164 |
| D(UR(-2)) | 0.003035 | 0.010193 | 0.297734 | 0.7667 |
| D(UR(-3)) | 0.028483 | 0.009982 | 2.853429 | 0.0056 |
| D(UR(-4)) | 0.026883 | 0.010119 | 2.656769 | 0.0096 |
| D(WEDGE) | -0.297128 | 0.050195 | -5.919510 | 0.0000 |
| D(WEDGE(-1)) | -0.048266 | 0.051716 | -0.933276 | 0.3536 |
| D(WEDGE(-2)) | -0.093438 | 0.053388 | -1.750184 | 0.0841 |
| D(WEDGE(-3)) | -0.187797 | 0.053657 | -3.499939 | 0.0008 |
| D(UNION) | -0.968727 | 0.713954 | -1.356848 | 0.1788 |
| D(UNION(-1)) | -2.914759 | 0.808739 | -3.604078 | 0.0006 |
| D(UNION(-2)) | -0.021200 | 0.860420 | -0.024639 | 0.9804 |
| D(UNION(-3)) | -0.101096 | 0.748143 | -0.135130 | 0.8929 |
| D(UNION(-4)) | -1.994719 | 0.654656 | -3.046972 | 0.0032 |
| D(PROD) | 0.315304 | 0.087619 | 3.598575 | 0.0006 |
| D7475 | 0.029309 | 0.005085 | 5.763759 | 0.0000 |
| D7579 | 0.016846 | 0.004598 | 3.664013 | 0.0005 |
| CointEq(-1)* | -0.229220 | 0.042411 | -5.404719 | 0.0000 |

ARDL: пример с реальным ВВП и ценой на нефть

Беларусь

| Levels Equation | | | | |
|--|-------------|------------|-------------|--------|
| Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| OPWTI | 0.234897 | 0.047012 | 4.996555 | 0.0000 |
| @TREND | 0.008332 | 0.001480 | 5.629647 | 0.0000 |
| EC = RGDP2014 - (0.2349*OPWTI + 0.0083*@TREND) | | | | |
| F-Bounds Test | | | | |
| Null Hypothesis: No levels relationship | | | | |
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| Asymptotic: n=1000 | | | | |
| F-statistic | 5.677392 | 10% | 4.05 | 4.49 |
| k | 1 | 5% | 4.68 | 5.15 |
| | | 2.5% | 5.3 | 5.83 |
| | | 1% | 6.1 | 6.73 |
| Finite Sample: n=80 | | | | |
| Actual Sample Size | 87 | 10% | 3.113 | 3.61 |
| | | 5% | 3.74 | 4.303 |
| | | 1% | 5.157 | 5.917 |

Россия

| Levels Equation | | | | |
|--|-------------|------------|-------------|--------|
| Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| OPWTI | 0.189812 | 0.036275 | 5.232619 | 0.0000 |
| @TREND | 0.006039 | 0.000871 | 6.930835 | 0.0000 |
| EC = RGDP2014 - (0.1898*OPWTI + 0.0060*@TREND) | | | | |
| F-Bounds Test | | | | |
| Null Hypothesis: No levels relationship | | | | |
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| Asymptotic: n=1000 | | | | |
| F-statistic | 2.805758 | 10% | 4.05 | 4.49 |
| k | 1 | 5% | 4.68 | 5.15 |
| | | 2.5% | 5.3 | 5.83 |
| | | 1% | 6.1 | 6.73 |
| Finite Sample: n=80 | | | | |
| Actual Sample Size | 89 | 10% | 3.113 | 3.61 |
| | | 5% | 3.74 | 4.303 |
| | | 1% | 5.157 | 5.917 |

ARDL: пример с реальным внутренним и внешним ВВП

Беларусь

| Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend | | | | |
|---|-------------|------------|-------------|--------|
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| RGDP_BY_EXT2014 | 1.921134 | 0.087443 | 21.97013 | 0.0000 |
| EC = RGDP2014 - (1.9211*RGDP_BY_EXT2014) | | | | |
| F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship | | | | |
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| Asymptotic: n=1000 | | | | |
| F-statistic | 12.89063 | 10% | 4.04 | 4.78 |
| k | 1 | 5% | 4.94 | 5.73 |
| | | 2.5% | 5.77 | 6.68 |
| | | 1% | 6.84 | 7.84 |
| Finite Sample: n=80 | | | | |
| Actual Sample Size | 87 | 10% | 4.135 | 4.895 |
| | | 5% | 5.06 | 5.93 |
| | | 1% | 7.095 | 8.26 |
| t-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship | | | | |
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| t-statistic | -4.340928 | 10% | -2.57 | -2.91 |
| | | 5% | -2.86 | -3.22 |
| | | 2.5% | -3.13 | -3.5 |
| | | 1% | -3.43 | -3.82 |

Россия

| Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend | | | | |
|---|-------------|------------|-------------|--------|
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| RGDP_RU_EXT2014 | -0.006107 | 4.070646 | -0.001500 | 0.9988 |
| EC = RGDP2014 - (-0.0061*RGDP_RU_EXT2014) | | | | |
| F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship | | | | |
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| Asymptotic: n=1000 | | | | |
| F-statistic | 1.163867 | 10% | 4.04 | 4.78 |
| k | 1 | 5% | 4.94 | 5.73 |
| | | 2.5% | 5.77 | 6.68 |
| | | 1% | 6.84 | 7.84 |
| Finite Sample: n=80 | | | | |
| Actual Sample Size | 89 | 10% | 4.135 | 4.895 |
| | | 5% | 5.06 | 5.93 |
| | | 1% | 7.095 | 8.26 |
| t-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship | | | | |
| Test Statistic | Value | Signif. | I(0) | I(1) |
| t-statistic | -0.365916 | 10% | -2.57 | -2.91 |
| | | 5% | -2.86 | -3.22 |
| | | 2.5% | -3.13 | -3.5 |
| | | 1% | -3.43 | -3.82 |

ARDL: несколько важных аспектов

- Как уже отмечалось, независимые переменные в ARDL-модели должны быть слабо экзогенными. Однако недавние исследования показывают, что нарушение этого условия фактически не оказывает влияния на предельный тест на коинтеграцию:

McNown, R., Chung Yan Sam, C.Y., Goh, S.K. (2018) Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration, *Applied Economics*, 50, 1509–1521.

- В PSS(2001) приведены асимптотические критические значения.

Критические значения для малых выборок представлены в

Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for china: evidence from cointegration tests. *Applied economics*, 37(17):1979–1990.

- ARDL-модель позволяет анализировать влияние шоков независимых переменных на зависимую переменную при помощи динамических (кумулятивных) коэффициентов (аналогия с функциями импульсного отклика в VAR-моделях)

Асимметрическая ARDL-модель

Shin, Y., Yu, B., Greenwood-Nimmo, M.J. (2014) Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. In William C. Horrace and Robin C. Sickles (Eds.), Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications, New York: Springer, pp. 281–314 (для упрощения без константы и тренда):

$$\begin{aligned}\Delta y_t = & \rho y_{t-1} + \boldsymbol{\theta}^+ \mathbf{x}_{t-1}^+ + \boldsymbol{\theta}^- \mathbf{x}_{t-1}^- + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta y_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^p \left(\pi_i^+ \Delta \mathbf{x}_{t-i}^+ + \pi_i^- \Delta \mathbf{x}_{t-i}^- \right) + e_t,\end{aligned}$$

Параметры долгосрочной связи:

$$\hat{\beta}^+ = -\hat{\boldsymbol{\theta}}^+ / \hat{\rho}$$

$$\hat{\beta}^- = -\hat{\boldsymbol{\theta}}^- / \hat{\rho}$$

Асимметричная ARDL-модель: динамические коэффициенты

- Динамические кумулятивные коэффициенты влияния на зависимую переменную положительных и отрицательных компонентов независимых переменных для $h = 1, 2, \dots, \infty$:

$$\mathbf{m}_h^+ = \sum_{j=0}^h \frac{\partial y_{t+j}}{\partial \mathbf{x}_t^+} = \sum_{j=0}^h \lambda_j^+, \quad \mathbf{m}_h^- = \sum_{j=0}^h \frac{\partial y_{t+j}}{\partial \mathbf{x}_t^-} = \sum_{j=0}^h \lambda_j^-$$

- При $h \rightarrow \infty$
 $\mathbf{m}_h^+ \rightarrow \beta^+$
 $\mathbf{m}_h^- \rightarrow \beta^-$

Асимметрическая ARDL-модель: два специальных случая

- Случай 1: **долгосрочная симметричность** $\theta^+ = \theta^- = \theta$

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta \mathbf{x}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^p (\pi_i^+ \Delta \mathbf{x}_{t-i}^+ + \pi_i^- \Delta \mathbf{x}_{t-i}^-) + e_t$$

- Случай 2: **краткосрочная симметричность** $\sum_{i=0}^p \pi_i^+ = \sum_{i=0}^p \pi_i^-$

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta^+ \mathbf{x}_{t-1} + \theta^- \mathbf{x}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^p \pi_i \Delta \mathbf{x}_{t-i} + e_t$$

Асимметрическая ARDL-модель: тесты на коинтеграцию и (а)симметричность

- Тест (предельный) на коинтеграцию:

F -тест $\rho = \theta^+ = \theta^- = 0$

t -тест $\rho = 0$ против $\rho < 0$

Критические значения из PSS(2001). Величину k предлагается выбирать без учета разложения переменной на положительный и отрицательный компоненты

- Тест на симметричность:

Долгосрочную $\theta^+ = \theta^- = \theta$

Краткосрочную $\sum_{i=0}^p \pi_i^+ = \sum_{i=0}^p \pi_i^-$

Пример асимметрической ARDL в Stata

```
. net from http://www.marco-sunder.de/stata
```

```
http://www.marco-sunder.de/stata/
```

```
Stata program directory at www.marco-sunder.de/stata/
```

PACKAGES you could **-net describe-**:

| | |
|---------------------------|---|
| rego | Decomposition of R-squared |
| armaspect | Spectrum of an ARMA(p,q) process |
| varspect | Spectrum of a VAR process |
| nardl | Estimation of non-linear ARDL models advanced by Shin et al. (2011) |
| dfuller3 | ADF unit root test test with automatic lag order selection |

Модификация кода в Stata

$d = 0$

```
forvalues j=2/^n' {
    tempvar dx
    local thisvariable: word `j' of `varlist'
    qui gen `dx' = D.`thisvariable'
    local i = `j' - 1
    qui gen _dx`i'p = max(0,`dx') if `dx' != .
    qui gen _dx`i'n = min(0,`dx') if `dx' != .
    qui gen _x`i'p = 0
    qui replace _x`i'p = L._x`i'p + _dx`i'p if L._x`i'p != .
    qui gen _x`i'n = 0
    qui replace _x`i'n = L._x`i'n + _dx`i'n if L._x`i'n != .
    * list `dx' _dx`i'p _dx`i'n _x`i'p _x`i'n
    qui drop `dx'
    local rhs ``rhs' L._x`i'p L._x`i'n ""
    if ""savetempdata"" != "" {
        qui gen _L1_x`i'p = L1._x`i'p
        qui gen _L1_x`i'n = L1._x`i'n
    }
}
```

$d = \text{mean}$

```
forvalues j=2/^n' {
    tempvar dx
    local thisvariable: word `j' of `varlist'
    qui gen `dx' = D.`thisvariable'
    qui egen mean_`dx' = mean(`dx')
    local i = `j' - 1
    qui gen _dx_`i' = `dx' - mean_`dx'
    qui gen _dum`i' = 0
    qui replace _dum`i' = 1 if _dx_`i' >= 0
    qui gen _dx`i'p = _dum`i'*`dx' if `dx' != .
    qui gen _dx`i'n = (1 - _dum`i')*`dx' if `dx' != .
    qui gen _x`i'p = 0
    qui replace _x`i'p = L._x`i'p + _dx`i'p if L._x`i'p != .
    qui gen _x`i'n = 0
    qui replace _x`i'n = L._x`i'n + _dx`i'n if L._x`i'n != .
    *list `dx' _dx`i'p _dx`i'n _x`i'p _x`i'n

    qui drop `dx'
    qui drop mean_`dx'
    qui drop _dum`i'

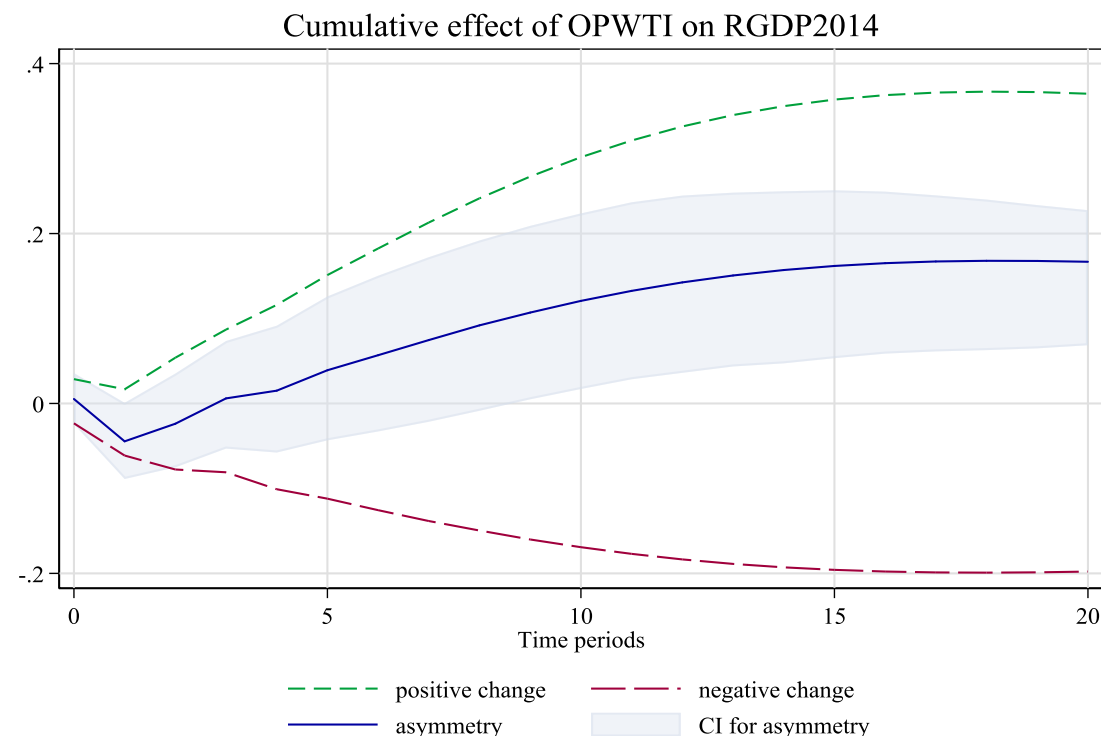
    local rhs ``rhs' L._x`i'p L._x`i'n ""
    if ""savetempdata"" != "" {
        qui gen _L1_x`i'p = L1._x`i'p
        qui gen _L1_x`i'n = L1._x`i'n
    }
}
```

Пример NARDL в Stata: `nardl RGDP2014 OPWTI, p(4) q(4) plot bootstrap(1000) level(90)`

| Exog. var. | Long-run effect [+] | | | Long-run effect [-] | | |
|------------|---------------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|
| | coef. | F-stat | P>F | coef. | F-stat | P>F |
| OPWTI | 0.318 | 62.17 | 0.000 | -0.179 | 8.37 | 0.005 |
| | Long-run asymmetry | | P>F | Short-run asymmetry | | P>F |
| | F-stat | | | F-stat | | |
| OPWTI | 24.39 | 0.000 | | .008892 | 0.925 | |

Note: Long-run effect [-] refers to a permanent change in exog. var. by -1

Cointegration test statistics: $t_BDM = -2.4913$
 $F_PSS = 3.9480$



Note: 90% bootstrap CI is based on 1000 replications

Пример NARDL с ограничениями на краткосрочную динамику в Stata: `nardl_mean RGDP2014 OPWTI, p(4) q(4) plot bootstrap(1000) level(90)`

Ограничения:

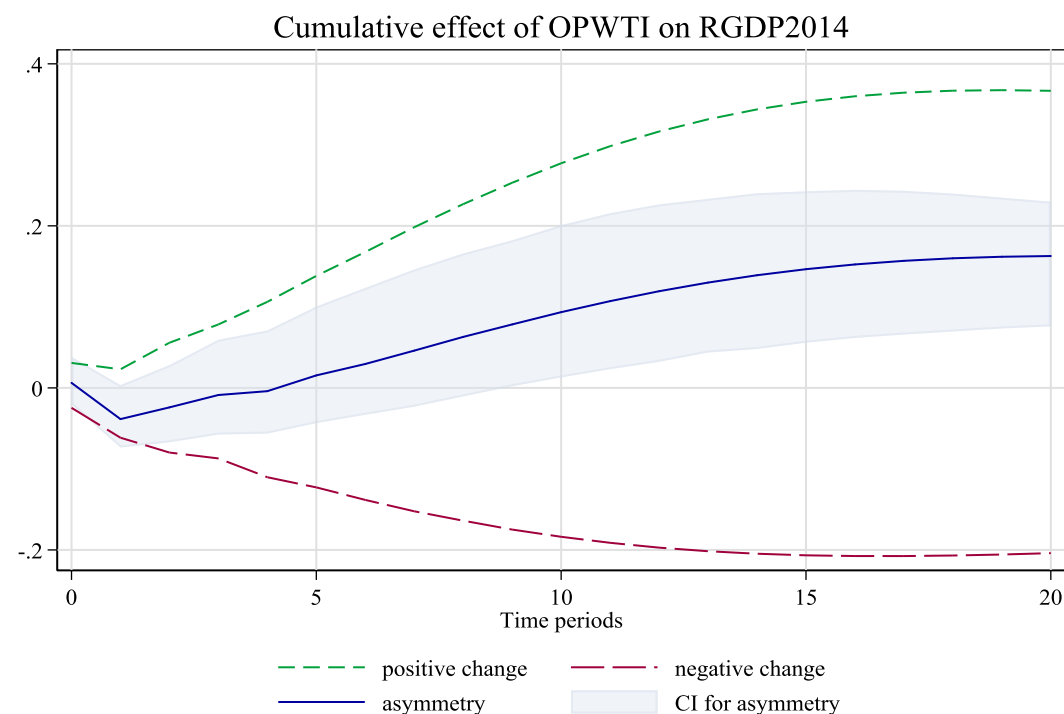
`constraint 1 L1._dy L2._dx1p L3._dx1p L2._dx1n`

Asymmetry statistics:

| Exog. var. | Long-run effect [+] | | | Long-run effect [-] | | |
|------------|---------------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|
| | coef. | F-stat | P>F | coef. | F-stat | P>F |
| OPWTI | 0.324 | 90.1 | 0.000 | -0.185 | 12.06 | 0.001 |
| | Long-run asymmetry | | P>F | Short-run asymmetry | | P>F |
| | F-stat | | | F-stat | | |
| OPWTI | 34.96 | 0.000 | | .9097 | 0.343 | |

Note: Long-run effect [-] refers to a permanent change in exog. var. by -1

Cointegration test statistics: $t_BDM = -3.0647$
 $F_PSS = 5.3373$



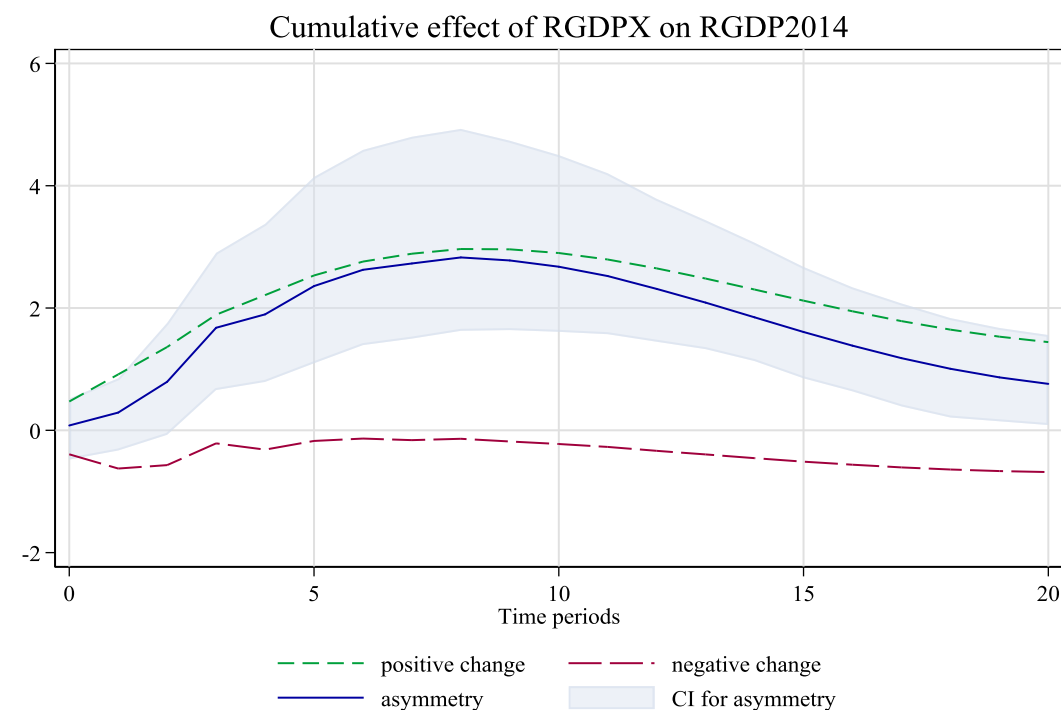
Note: 90% bootstrap CI is based on 1000 replications

Пример NARDL в Stata: `nardl RGDP2014 RGDPX, p(4) q(4) plot bootstrap(1000) level(90)`

| Exog. var. | Long-run effect [+] | | | Long-run effect [-] | | |
|------------|---------------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|
| | coef. | F-stat | P>F | coef. | F-stat | P>F |
| RGDPX | 1.766 | 680.3 | 0.000 | -0.142 | .09316 | 0.761 |
| | Long-run asymmetry | | P>F | Short-run asymmetry | | P>F |
| | F-stat | | | F-stat | | |
| RGDPX | 15.64 | 0.000 | | 5.405 | 0.023 | |

Note: Long-run effect [-] refers to a permanent change in exog. var. by -1

Cointegration test statistics: $t_BDM = -4.8784$
 $F_PSS = 12.3018$



Note: 90% bootstrap CI is based on 1000 replications

NARDL: некоторые предварительные итоги

- Долгосрочная асимметричность влияния реального цены на нефть на реальный ВВП Беларуси
- Долгосрочная и краткосрочная асимметричность влияния внешнего реального ВВП на реальный ВВП Беларуси
- Рассмотренные NARDL-модели для Беларуси проходят тесты спецификации
- Для России связей между аналогичными переменными не обнаружено
- Модели для России в рассмотренном виде являются плохо специфицированными



Приложение.

Расчет динамических коэффициентов
в Gretl: ADMBP addon (Artur Tarassow)

Динамические коэффициенты в ARDL моделях

- <https://sites.google.com/site/arturtarassow/code/test>
- Динамический коэффициент (dynamic multiplier) показывает, как шок на объясняющую переменную влияет с течением времени на объясняемую. Для перманентного шока оценивается кумулятивный коэффициент:

$$m_h = \sum_{i=0}^h \frac{\partial y_{t+i}}{\partial x_t}$$

- Когда период h стремится к бесконечности, данный кумулятивный коэффициент равен коэффициенту долгосрочной связи при объясняющей переменной.
- На практике позволяют графически оценить наличие значимой долгосрочной связи между переменными.

Методы расчета динамических коэффициентов в ADMBP addon

В данной программе расчет коэффициента долгосрочной связи осуществляется двумя способами:

- 1. интервальные оценки посредством различных методов бутстрапа.
- 2. точечная оценка методом Bewley с помощью инструментальных переменных (повторяет EViews).

Оценка на основании бутстрапа позволяет построить графики импульсных откликов объясняемой

Интерфейс и порядок работы с программой

Способы работы:

- В программе доступен пример готового скрипта, который несложно поменять под свои данные
- В интерфейсе программы (менее интуитивно понятно)

Ход работы:

1. Формулируется исходная модель: `setARDL`
2. При необходимости усекаются лаги: `lagselect`
3. Рассчитывается ARDL-модель: `runARDL`
4. Вывести коэффициенты долгосрочной связи: `LRbeta`
5. Рассчитать ряд ECM: `ECterm`
6. Построить графики динамических мультипликаторов: `irf_plot`

Пример кода: Формулирование модели: переменные, лаги и бутстрап

```
gretl: prog_graph.inp

list xlist = NER_2014 NIRR OPWTI
list rxlist = const #time
list Lall = CPI2014 xlist rxlist
smpl Lall --no-missing

# ARDL parameters
scalar pqlmax = 4
scalar condARDL = 1
scalar infocrit = 1
# Bootstrap and confidence interval parameters
scalar horiz = 40
scalar cilevel = 0.1
scalar btype = 1
scalar bootrep = 1000
scalar shocktype = 1

#-----
# Set up the base bundle
#-----
bundle b = setARDL(CPI2014, xlist, rxlist, pqlmax,
  infocrit, condARDL, shocktype, btype, bootrep, \
  horiz, cilevel)
```

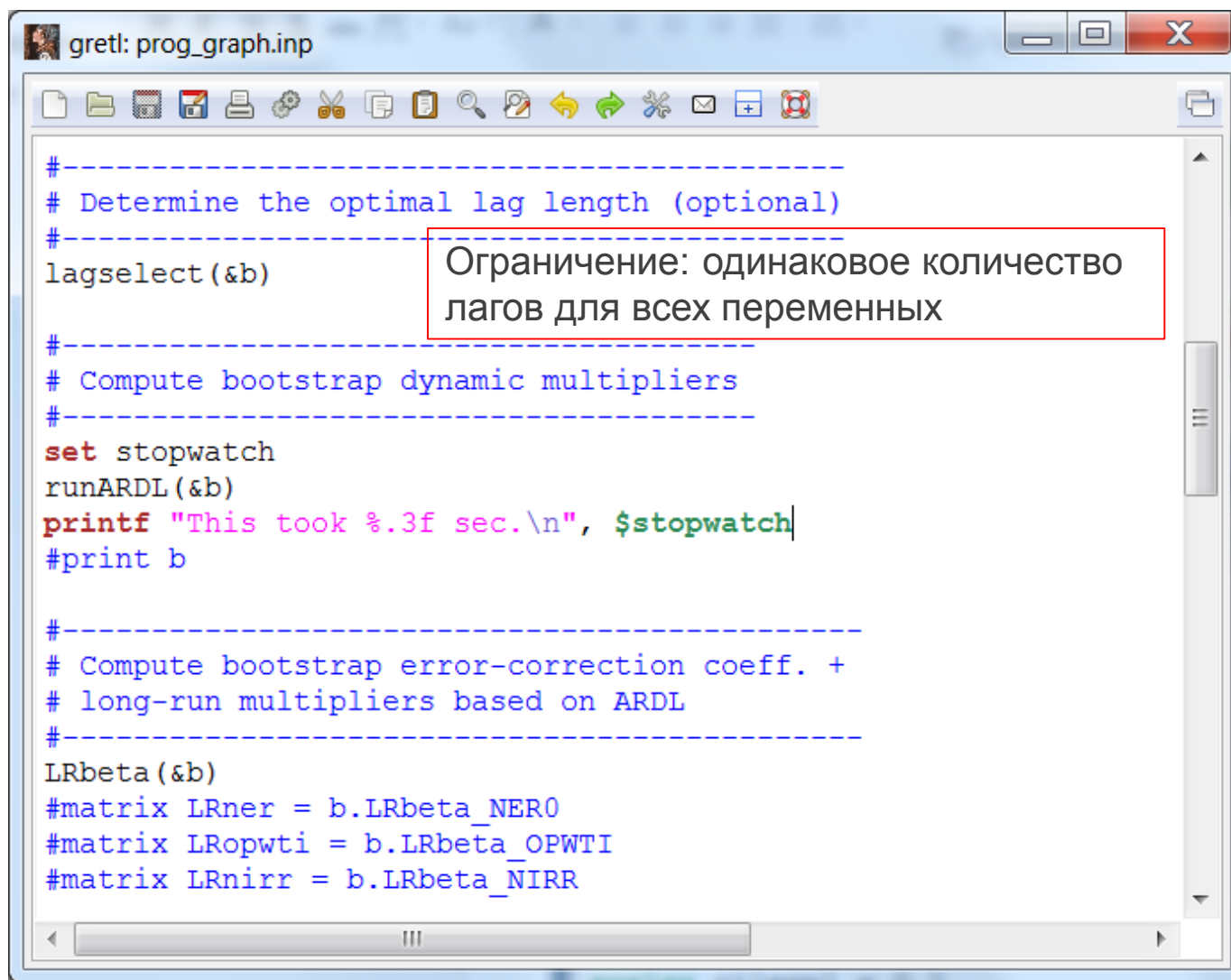
Объясняющие переменные

Детерминистические компоненты

Максимальное количество лагов

Модель задается через «bundle», имя которого используется в дальнейших командах

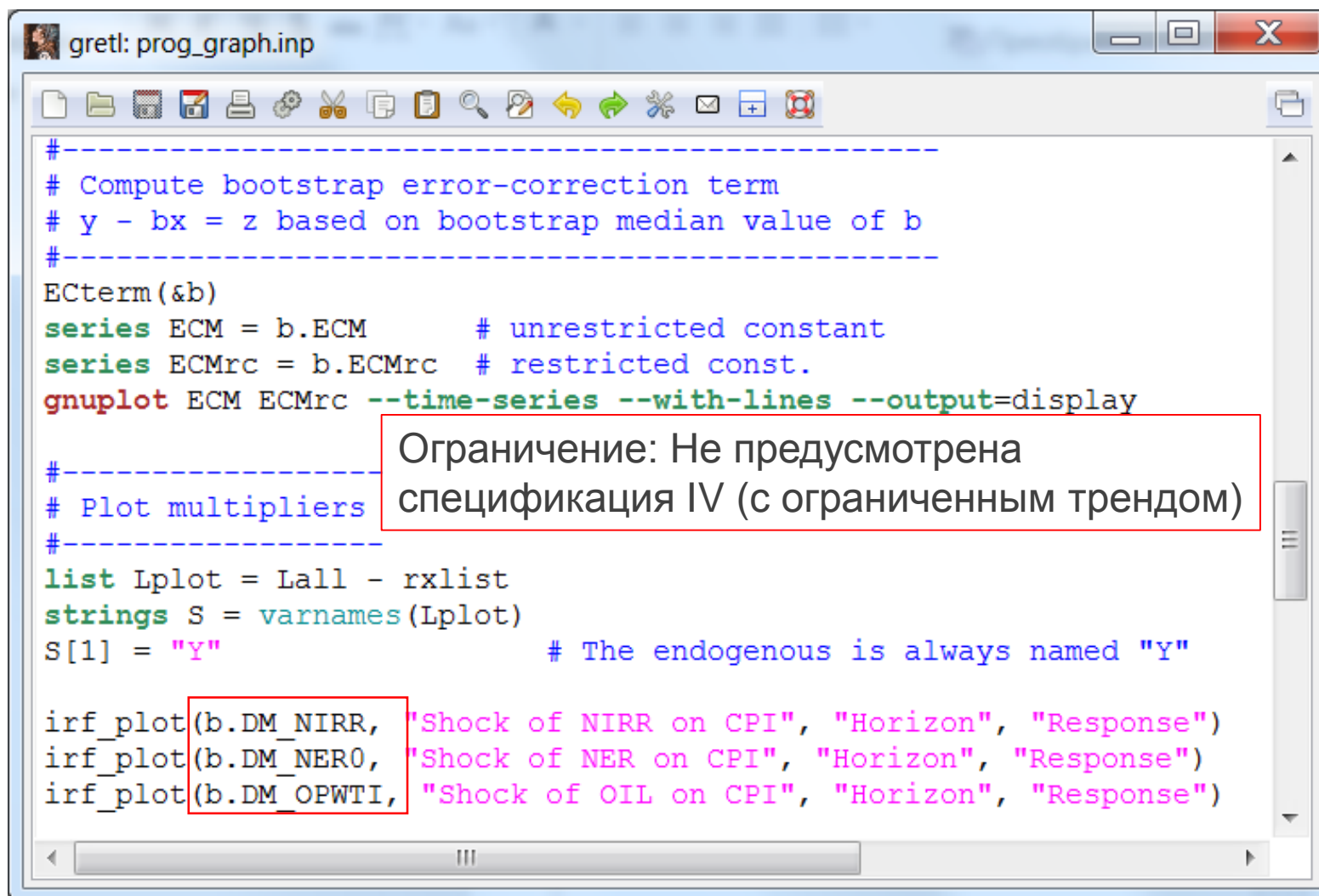
Пример кода: выбор лага и расчет модели



```
gretl: prog_graph.inp
#-----
# Determine the optimal lag length (optional)
#-----
lagselect(&b)
#-----
# Compute bootstrap dynamic multipliers
#-----
set stopwatch
runARDL(&b)
printf "This took %.3f sec.\n", $stopwatch
#print b

#-----
# Compute bootstrap error-correction coeff. +
# long-run multipliers based on ARDL
#-----
LRbeta(&b)
#matrix LRner = b.LRbeta_NER0
#matrix LROPWTI = b.LRbeta_OPWTI
#matrix LRnirr = b.LRbeta_NIRR
```


Пример кода: построение графиков



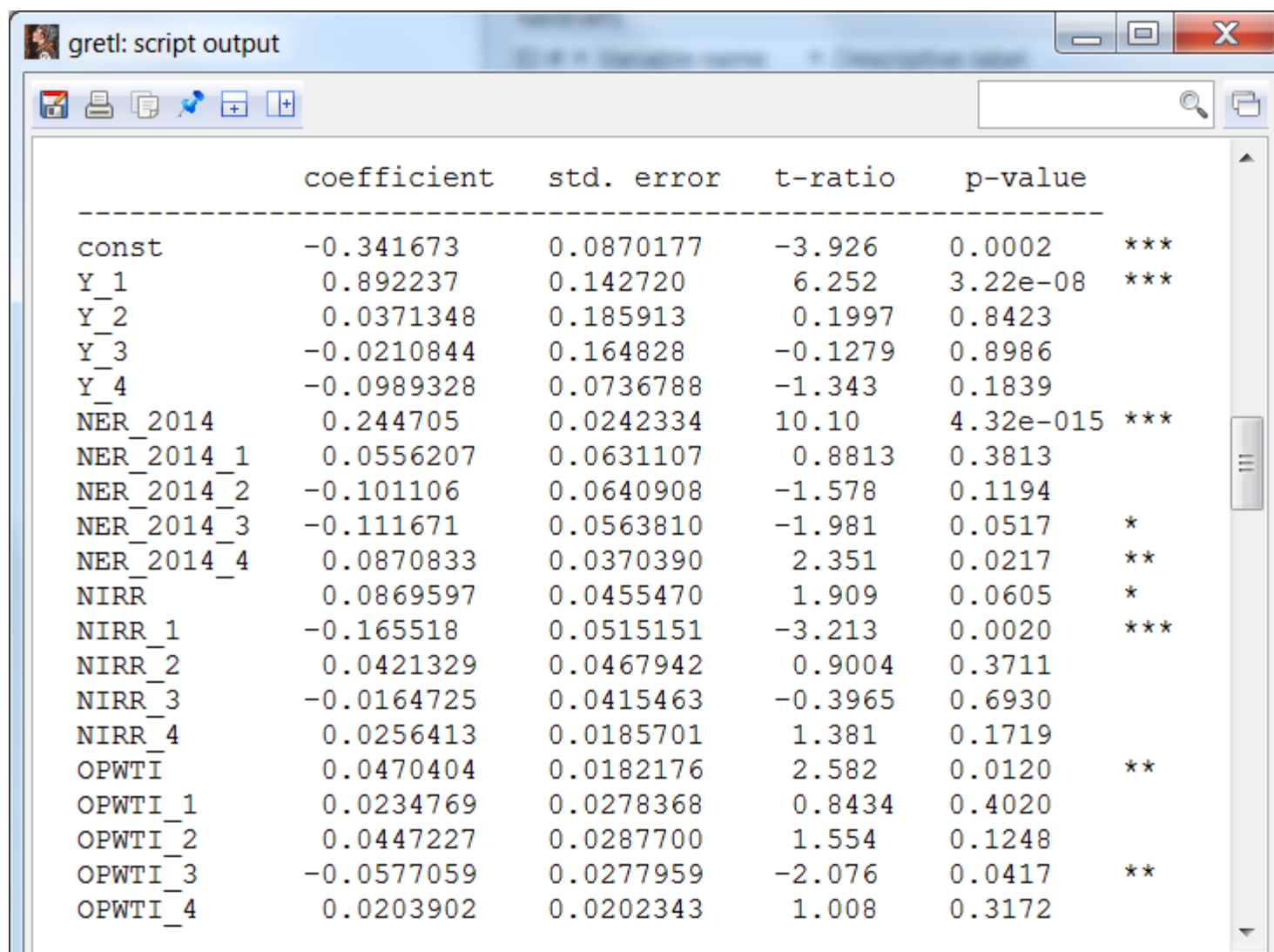
```
gretl: prog_graph.inp
#-----
# Compute bootstrap error-correction term
# y - bx = z based on bootstrap median value of b
#-----
ECterm(&b)
series ECM = b.ECM      # unrestricted constant
series ECMrc = b.ECMrc  # restricted const.
gnuplot ECM ECMrc --time-series --with-lines --output=display

#-----
# Plot multipliers
#-----
list Lplot = Lall - rxlist
strings S = varnames(Lplot)
S[1] = "Y"               # The endogenous is always named "Y"

irf_plot(b.DM_NIRR, "Shock of NIRR on CPI", "Horizon", "Response")
irf_plot(b.DM_NER0, "Shock of NER on CPI", "Horizon", "Response")
irf_plot(b.DM_OPWTI, "Shock of OIL on CPI", "Horizon", "Response")
```

Ограничение: Не предусмотрена спецификация IV (с ограниченным трендом)

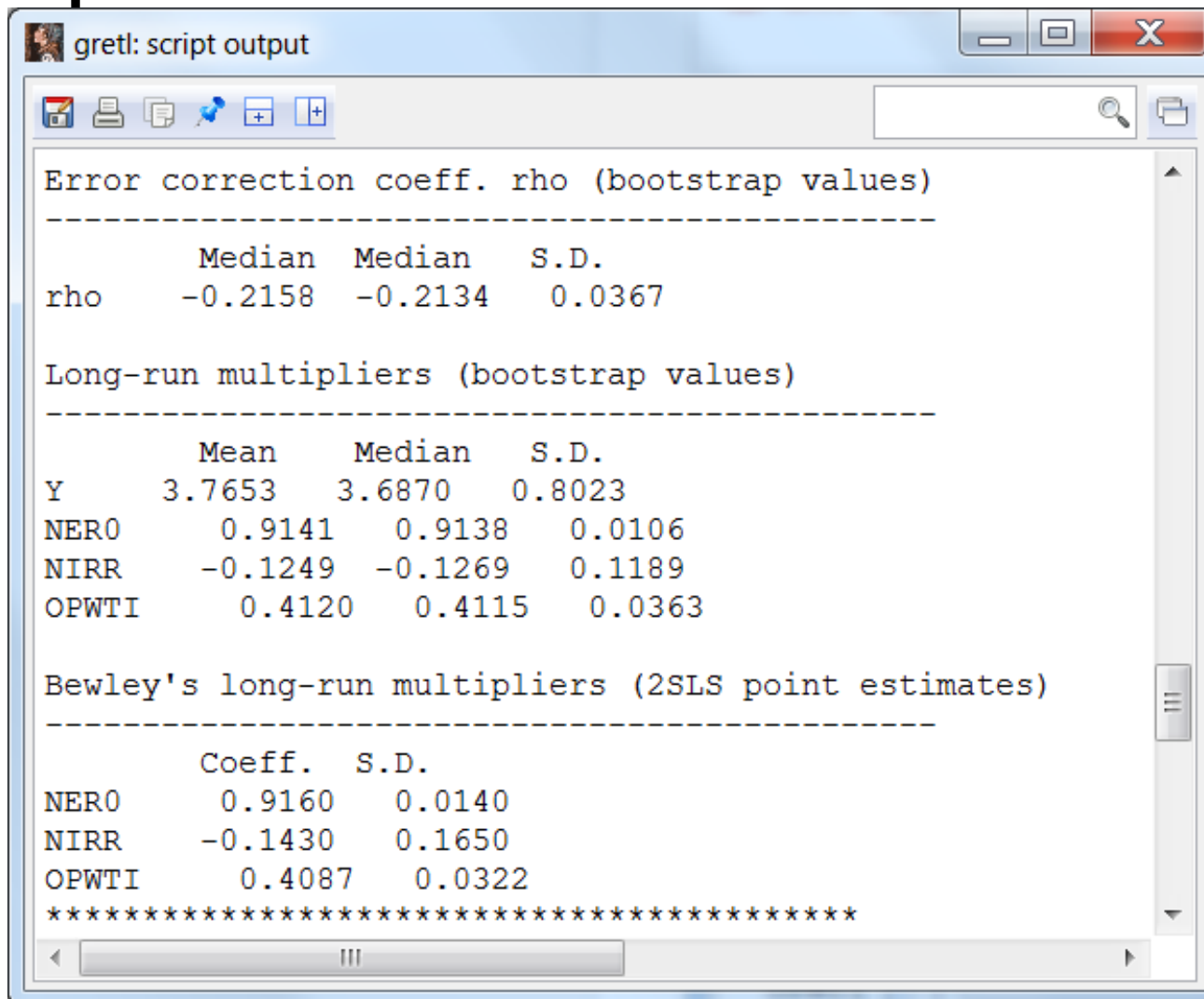
Пример результатов: оценка модели ARDL



The screenshot shows a window titled "gretl: script output" with a toolbar containing icons for file operations and search. The main area displays the results of an ARDL model estimation. The results are organized into columns: variable names, coefficients, standard errors, t-ratios, p-values, and significance levels. The variables include a constant term, four lags of Y (Y_1 to Y_4), four lags of NER (NER_2014_1 to NER_2014_4), four lags of NIRR (NIRR_1 to NIRR_4), and four lags of OPWTI (OPWTI_1 to OPWTI_4). The significance levels are indicated by asterisks: *** for p < 0.01, ** for p < 0.05, and * for p < 0.1.

| | coefficient | std. error | t-ratio | p-value | |
|------------|-------------|------------|---------|-----------|-----|
| const | -0.341673 | 0.0870177 | -3.926 | 0.0002 | *** |
| Y_1 | 0.892237 | 0.142720 | 6.252 | 3.22e-08 | *** |
| Y_2 | 0.0371348 | 0.185913 | 0.1997 | 0.8423 | |
| Y_3 | -0.0210844 | 0.164828 | -0.1279 | 0.8986 | |
| Y_4 | -0.0989328 | 0.0736788 | -1.343 | 0.1839 | |
| NER_2014 | 0.244705 | 0.0242334 | 10.10 | 4.32e-015 | *** |
| NER_2014_1 | 0.0556207 | 0.0631107 | 0.8813 | 0.3813 | |
| NER_2014_2 | -0.101106 | 0.0640908 | -1.578 | 0.1194 | |
| NER_2014_3 | -0.111671 | 0.0563810 | -1.981 | 0.0517 | * |
| NER_2014_4 | 0.0870833 | 0.0370390 | 2.351 | 0.0217 | ** |
| NIRR | 0.0869597 | 0.0455470 | 1.909 | 0.0605 | * |
| NIRR_1 | -0.165518 | 0.0515151 | -3.213 | 0.0020 | *** |
| NIRR_2 | 0.0421329 | 0.0467942 | 0.9004 | 0.3711 | |
| NIRR_3 | -0.0164725 | 0.0415463 | -0.3965 | 0.6930 | |
| NIRR_4 | 0.0256413 | 0.0185701 | 1.381 | 0.1719 | |
| OPWTI | 0.0470404 | 0.0182176 | 2.582 | 0.0120 | ** |
| OPWTI_1 | 0.0234769 | 0.0278368 | 0.8434 | 0.4020 | |
| OPWTI_2 | 0.0447227 | 0.0287700 | 1.554 | 0.1248 | |
| OPWTI_3 | -0.0577059 | 0.0277959 | -2.076 | 0.0417 | ** |
| OPWTI_4 | 0.0203902 | 0.0202343 | 1.008 | 0.3172 | |

Пример результатов: коэффициенты долгосрочный связи



The screenshot shows a window titled 'gretl: script output'. It contains three sections of statistical results. The first section is 'Error correction coeff. rho (bootstrap values)' with a table showing rho values. The second section is 'Long-run multipliers (bootstrap values)' with a table showing mean, median, and S.D. for variables Y, NERO, NIRR, and OPWTI. The third section is 'Bewley's long-run multipliers (2SLS point estimates)' with a table showing coefficients and S.D. for the same variables. The output ends with a line of asterisks.

```
gretl: script output
```

Error correction coeff. rho (bootstrap values)

| | Median | Median | S.D. |
|-----|---------|---------|--------|
| rho | -0.2158 | -0.2134 | 0.0367 |

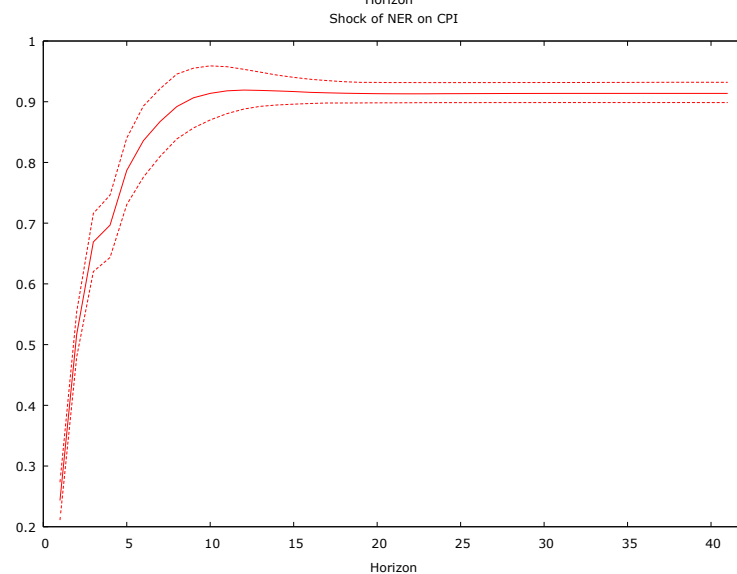
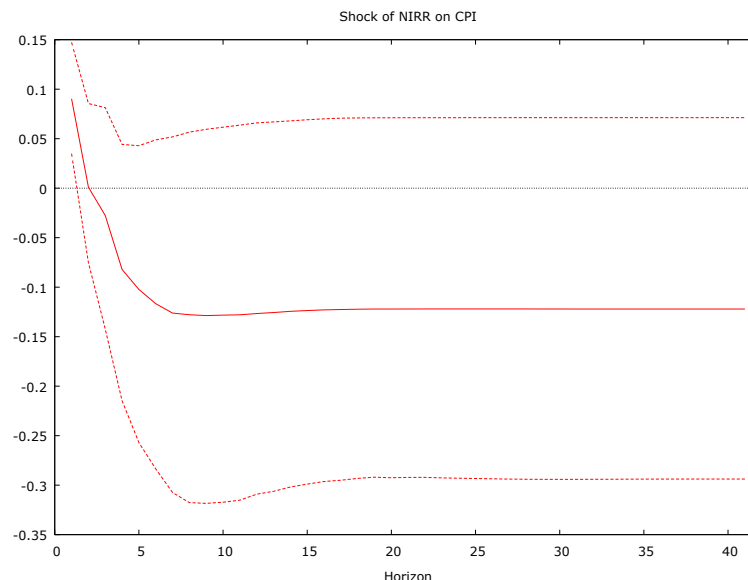
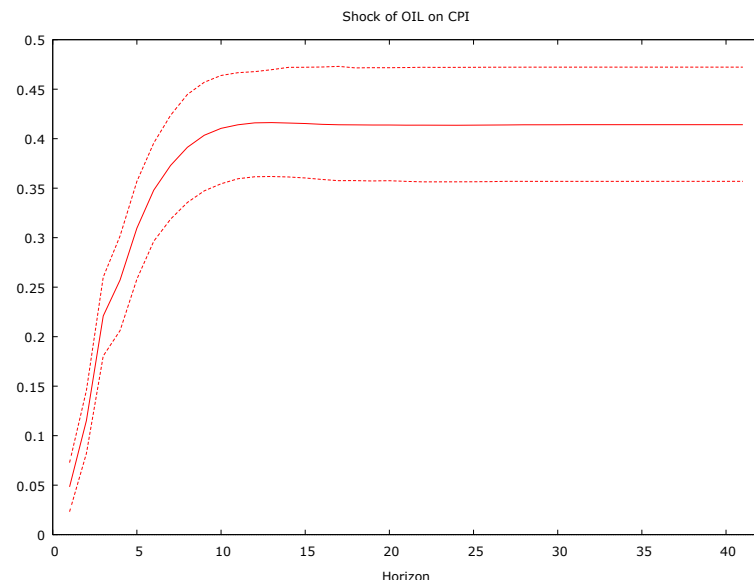
Long-run multipliers (bootstrap values)

| | Mean | Median | S.D. |
|-------|---------|---------|--------|
| Y | 3.7653 | 3.6870 | 0.8023 |
| NERO | 0.9141 | 0.9138 | 0.0106 |
| NIRR | -0.1249 | -0.1269 | 0.1189 |
| OPWTI | 0.4120 | 0.4115 | 0.0363 |

Bewley's long-run multipliers (2SLS point estimates)

| | Coeff. | S.D. |
|-------|---------|--------|
| NERO | 0.9160 | 0.0140 |
| NIRR | -0.1430 | 0.1650 |
| OPWTI | 0.4087 | 0.0322 |

Пример результатов: графики



Макроэкономический прогноз для Беларуси

Прогноз основных макроэкономических показателей на 2017 и 2018 гг. и анализ их чувствительности к различным сценариям развития внешнеэкономической конъюнктуры.

www.research.by
pelipas@research.by
shymanovich@research.by