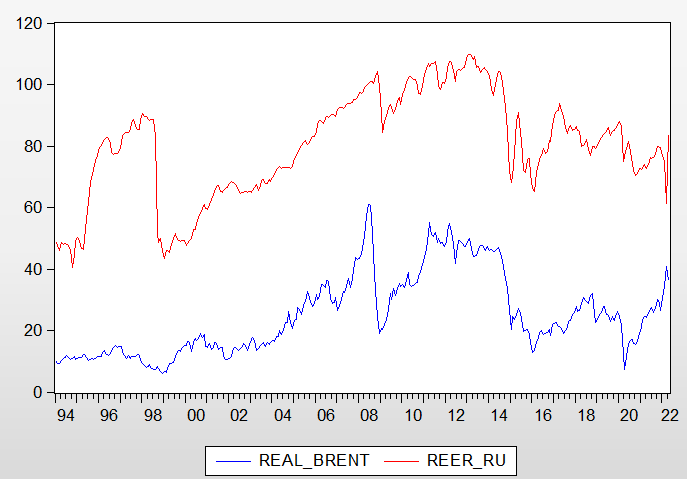
Широко известно, что российская экономика крайне сильно зависит от цен на нефть. Сырьевые отрасли во многом определяют формирование бюджета, объем экспорта, темпы роста промышленности, уровень цен на ресурсы, а также оказывают значительное влияние на курс рубля.

Так, основная задача данного эссе - изучить свойства двух рядов – цен на нефть и курса рубля – а также установить характер взаимосвязи между ними.

Важно отметить, что представленные показатели в общем случае относятся к группе биржевых показателей и являются случайным блужданием, но в данном исследовании курс рубля является реальным эффективным (рассчитывается как взвешенная сумма индексов реального [валютного курса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81) данного года по отношению к базовому), а цена на нефть марки “Brent” дефлирована ИПЦ США, выражена в $ США. Данные доступны в месячном выражении с 1994 года по апрель 2022.

Взглянем на динамику этих двух рядов.



На данном промежутке наблюдается несколько структурных сдвигов – в 1998, в 2008, 2004 и в 2022 году. Видно, что ряды тесно взаимосвязаны и имеют общий тренд, что будет протестировано далее. Логично предположить, что ряды являются нестационарными, т.е. вероятно присутствует единичный корень в обоих рядах.

**Расширенный тест Дики-Фуллера**

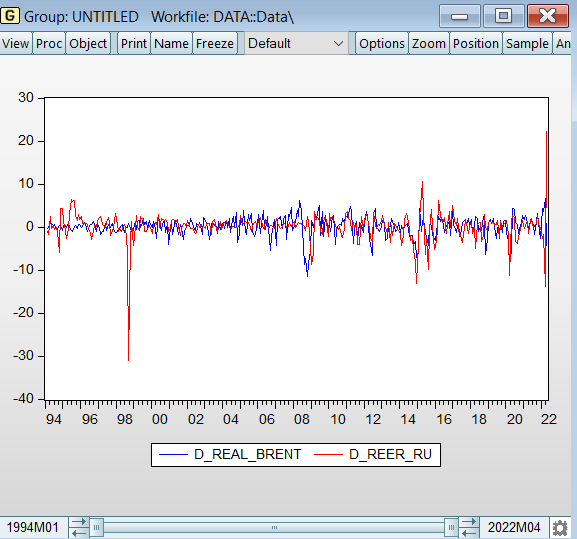
По графикам представленных рядов можно определить, что для проведения теста Дики-Фуллера следует выбрать спецификацию с константой. Результат теста:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

P-значения теста для обоих рядов больше, чем 5%, следовательно на 5%-м уровне значимости не отвергается нулевая гипотеза о наличии единичного корня. Далее перейдем к рассмотрению разностей данных рядов. График продиффиренцированных рядов приведен ниже.



По виду графика можно предположить, что дифференцирование приводит к стационарности ряда. Подтвердим это тестом Дики-Фуллера для разностей рдов, выбрав спецификацию без константы.

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста для обоих рядов меньше, чем 5%, следовательно оба ряда признаются I(1) – интегрированными первого порядка. Для построения моделей следует обратиться к первым разностям рассматриваемых рядов. Коррелограммы первых разностей рядов представлены ниже.

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Для обоих рядов на любой глубине запаздывания отвергается гипотеза о том, что данные ряды являются процессами белого шума, об этом говорят р-значения теста Льюнга-Бокса, которые меньше, чем 5%.

По коррелограммам рядов можно предложить слебующие модели для каждого ряда: ARIMA(1,1,0), ARIMA(0,1,1), ARIMA(1,1,1). Построим и протестируем данные модели на временном промежутке с февраля 1994 по апрель 2021 года.

**ARIMA(1,1,0) для ряда цены нефти:**

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

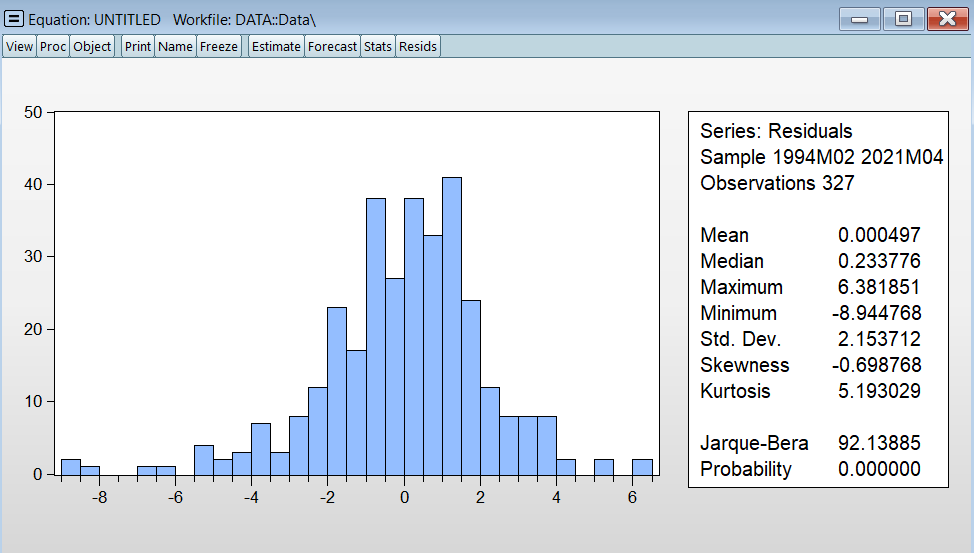
Тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста на любой рассматриваемой глубине больше, чем 5%, следовательно, на 5%-м уровне значимости нулевая гипотеза о некоррелированности остатков между собой не отвергается.

Тест Харке-Бера на нормальность остатков:



Нулевая гипотеза теста о нормальности остатков отвергается на 5%-м уровне значимости, т.к. p-value < 0.05.

**ARIMA(0,1,1) для ряда цены нефти:**

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

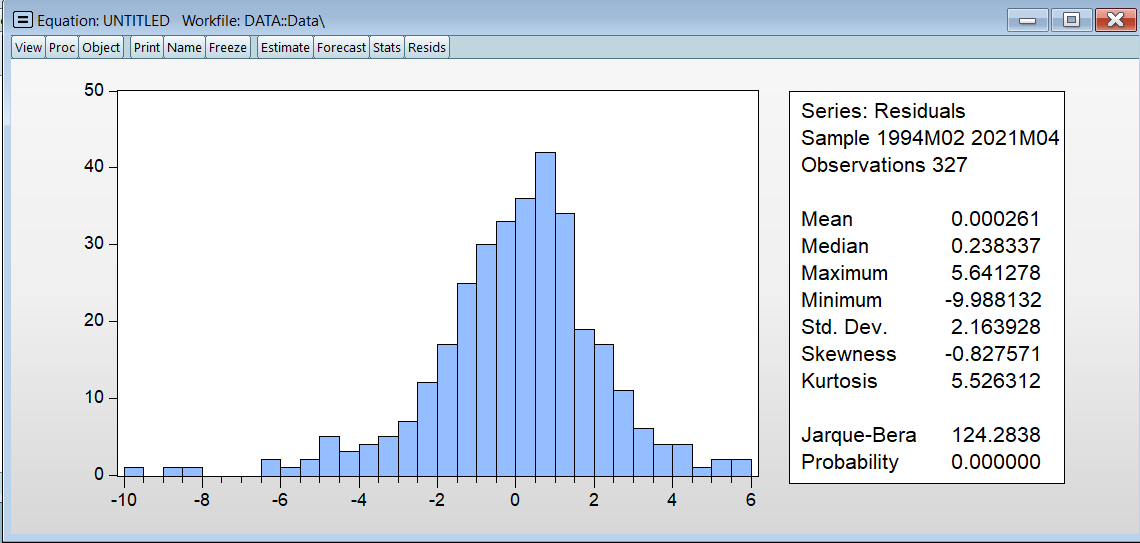
Тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста на любой рассматриваемой глубине больше, чем 5%, следовательно, на 5%-м уровне значимости нулевая гипотеза о некоррелированности остатков между собой не отвергается.

Тест Харке-Бера на нормальность остатков:



Нулевая гипотеза теста о нормальности остатков отвергается на 5%-м уровне значимости, т.к. p-value < 0.05.

**ARIMA(1,1,1) для ряда цены нефти:**

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

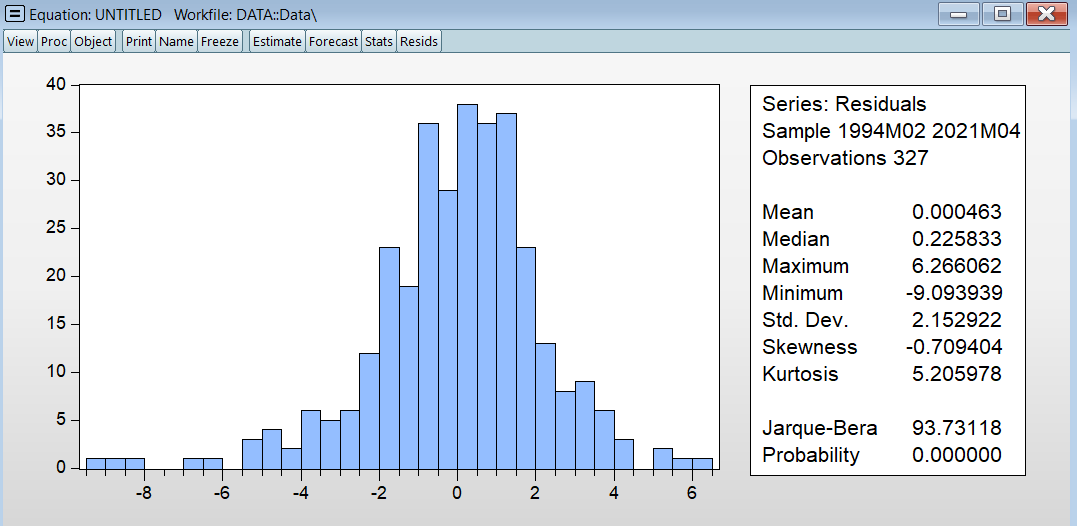
Тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста на любой рассматриваемой глубине больше, чем 5%, следовательно, на 5%-м уровне значимости нулевая гипотеза о некоррелированности остатков между собой не отвергается.

Тест Харке-Бера на нормальность остатков:



Нулевая гипотеза теста о нормальности остатков отвергается на 5%-м уровне значимости, т.к. p-value < 0.05.

По информационному критерию Шварца лучшей из предложенных моделей является ARIMA(1,1,0).

**ARIMA(1,1,0) для ряда курса рубля:**

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

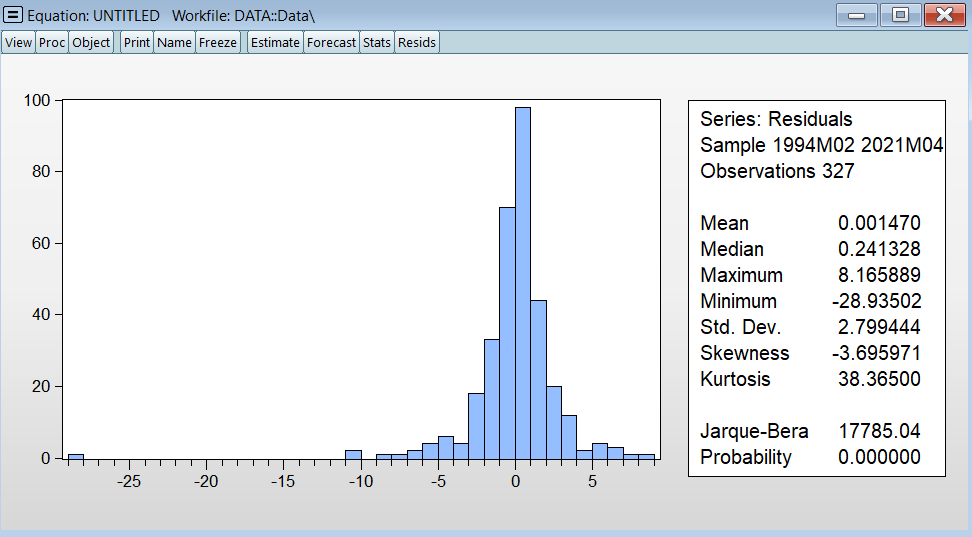
Тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста на глубине 2-4 шагов меньше, чем 5%, следовательно, на 5%-м уровне значимости нулевая гипотеза о некоррелированности остатков между собой отвергается на данной глубине. Данная модель, скорее всего, специфицирована неправильно.

Тест Харке-Бера на нормальность остатков:



Нулевая гипотеза теста о нормальности остатков отвергается на 5%-м уровне значимости, т.к. p-value < 0.05.

**ARIMA(0,1,1) для ряда курса рубля:**

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

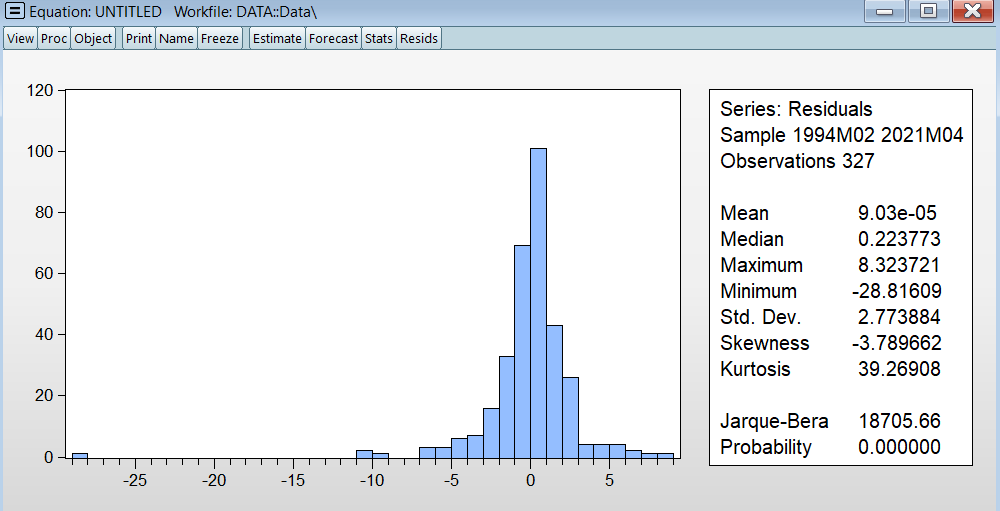
Тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста на любой рассматриваемой глубине больше, чем 5%, следовательно, на 5%-м уровне значимости нулевая гипотеза о некоррелированности остатков между собой не отвергается.

Тест Харке-Бера на нормальность остатков:



Нулевая гипотеза теста о нормальности остатков отвергается на 5%-м уровне значимости, т.к. p-value < 0.05.

**ARIMA(1,1,1) для ряда курса рубля:**

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

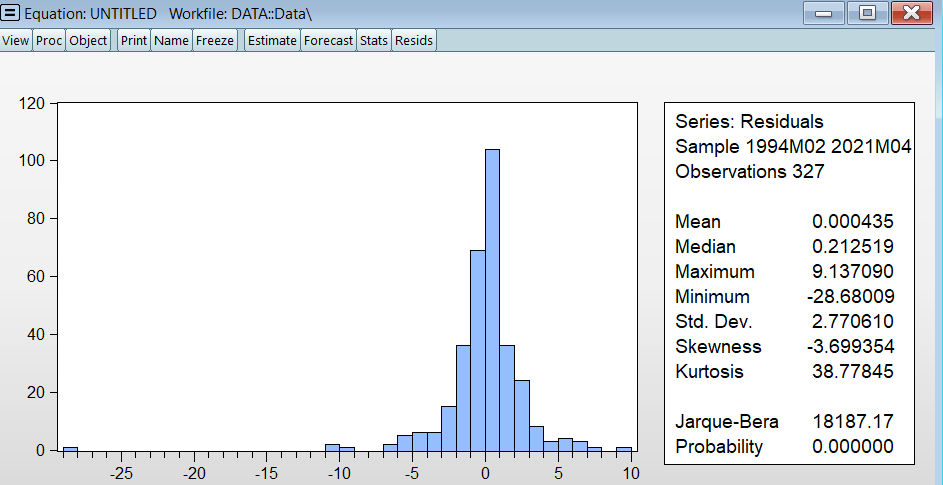
Тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Р-значения теста на любой рассматриваемой глубине больше, чем 5%, следовательно, на 5%-м уровне значимости нулевая гипотеза о некоррелированности остатков между собой не отвергается.

Тест Харке-Бера на нормальность остатков:



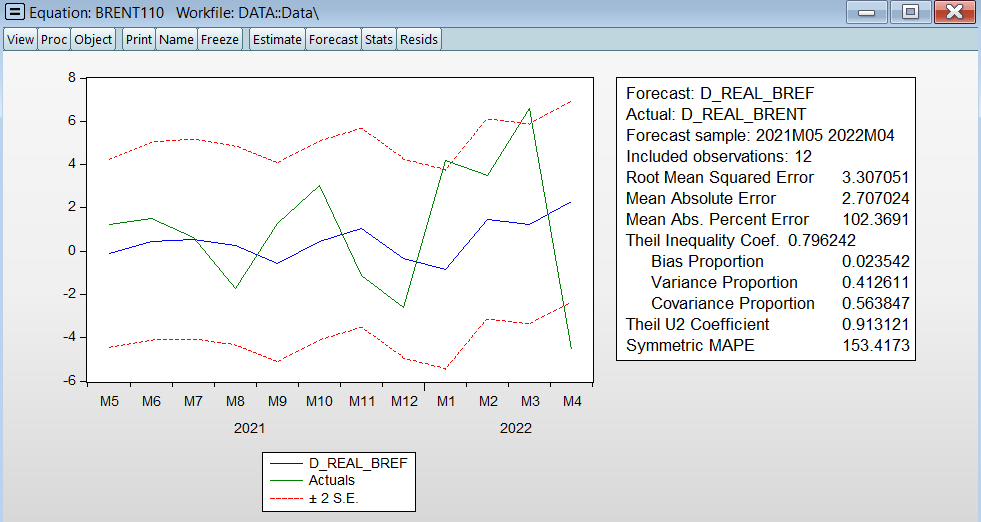
Нулевая гипотеза теста о нормальности остатков отвергается на 5%-м уровне значимости, т.к. p-value < 0.05.

По информационному критерию Шварца лучшей из предложенных для ряда курса рубля является модель ARIMA(0,1,1).

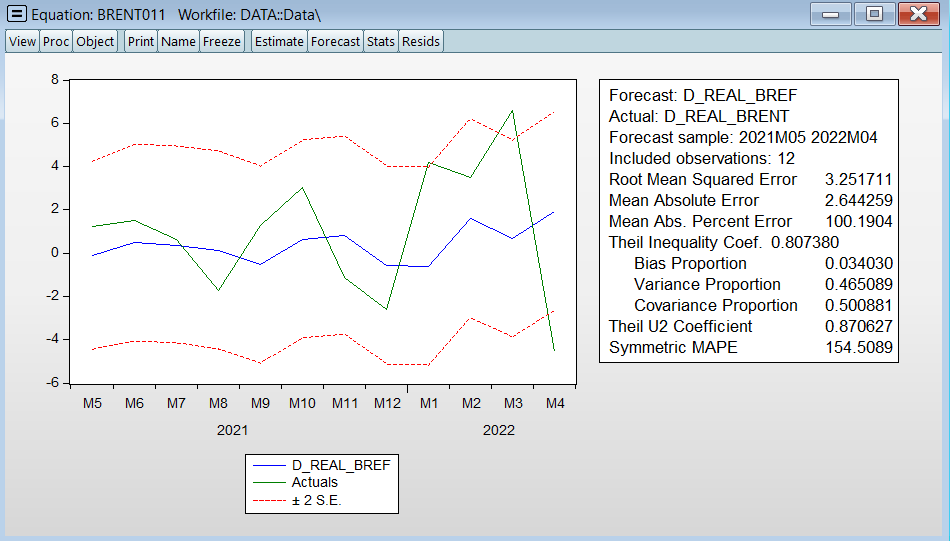
Построим прогнозы на 12 периодов вперед по составленным моделям (за исключением модели ARIMA(1,1,0) для ряда курса рубля, в которой была обнаружена автокорреляция остатков) и сравнив прогнозы по критерию MAPE.

**Прогнозы для ряда цены нефти:**

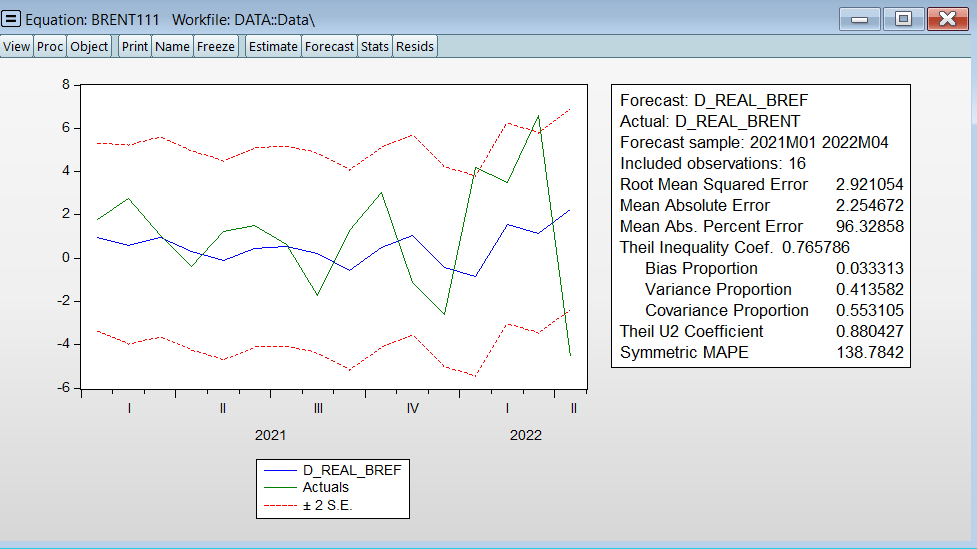
ARIMA(1,1,0)



ARIMA(0,1,1)



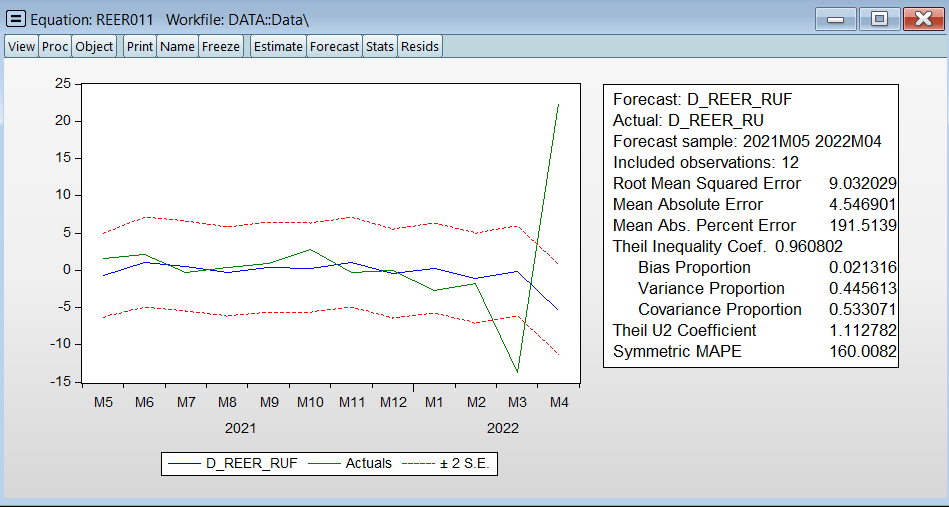
ARIMA(1,1,1)



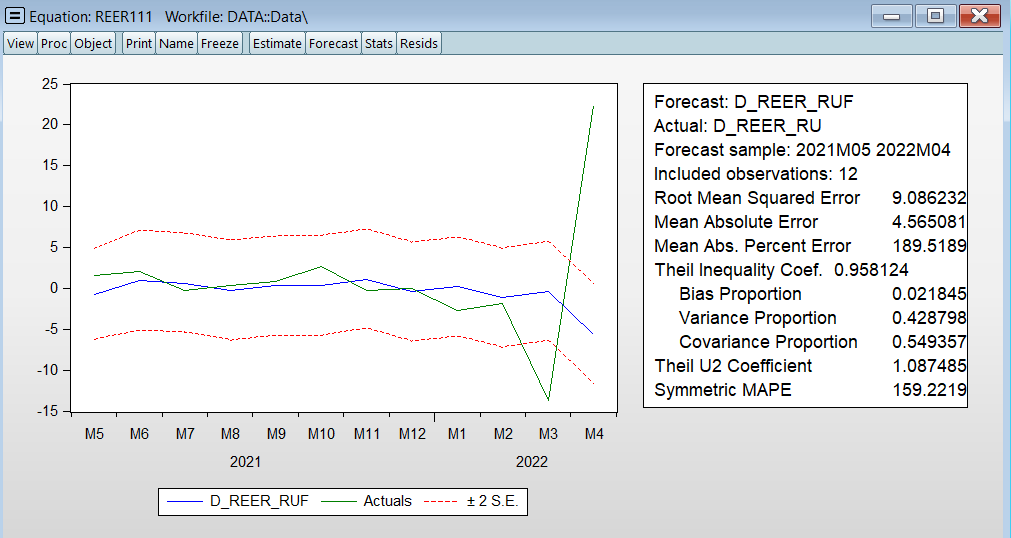
Лучшей по критерию MAPE является модель ARIMA(1,1,1).

**Прогнозы для ряда курса рубля:**

ARIMA(0,1,1)



ARIMA(1,1,1)



Лучшей по критерию MAPE является модель ARIMA(1,1,1).

**Причинность по Грейнджеру**

Для проверки причинности по Грейнджеру воспользуемся соответствующим тестом в программе Eviews.

Изображение выглядит как текст, стол

Автоматически созданное описание

При проверке нулевой гипотезы о том, что Real\_Brent не является причиной по Грейнджеру для Reer\_Ru р-значение меньше, чем 5%, следовательно нулевая гиоптеза отвергается и Real\_Brent признается причиной по Грейнджеру для Reer\_Ru.

При проверке нулевой гипотезы о том, что Reer\_Ru не является причиной по Грейнджеру для Real\_Brent р-значение больше, чем 5%, следовательно нулевая гиоптеза отвергается и Reer\_Ru не признается причиной по Грейнджеру для Real\_Brent.

На основании установления причинности по Грейджеру в одном направлении можно сделать предположение, что у рассматриваемых рядов есть коинтеграция.

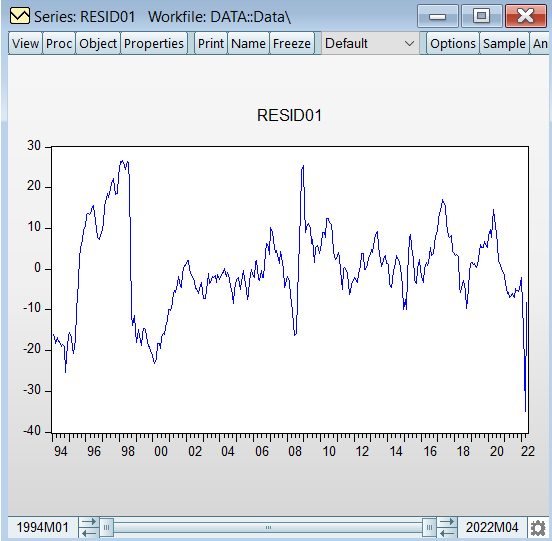
**Коинтеграция**

Для проверки наличия коинетграции построим регрессию одного ряда на другой:

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Проведем процедуру Энгла-Грейнджера. Мы выяснили, что оба ряда имеют порядок интегрированности равный единице. Проверим остатки построенной модели ADF-тестом на стационарность. График для остатков имеет вид:



Проведем для данное ряда ADF-тест в спецификации без константы.

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Здесь следует обращать внимание только на t-статистику, p-значение вычисляется некорректно, если перед нами стоит задача проверки коинтеграции. Значение t-статистики = -4,22 меньше, чем критическое значение теста Энгла-Грейнджера для данного числа наблюдений и уровня значимости 5% (t-крит. примерно =-2,8). Таким образом, ряд остатком признается стационарным, а рассматриваемые ряды – коинтегрированными.

**Построение ECM**

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как стол

Автоматически созданное описание