

Preface: в Модуле №1 в расчетном задании Вы использовали теоретическое моделирование для анализа экономических процессов. Это один из подходов, используемых макроэкономистами. Другой подход – эмпирическое моделирование. Эмпирическое моделирование – симбиоз эконометрики и макроэкономики: то есть, Вы используете эконометрические методы для анализа макроэкономических процессов. В Модуле №2 попробуем построить прогнозы для инфляции в выбранной Вами стране. Используемая методология – МНК, так как пока Вы знакомы только с этой методологией. **Важно:** это задание **творческое** и не привязано к конкретным лекциям и семинарам на курсе Макроэкономика-2.

Подготовка к выполнению задания

1. Самостоятельно разбейтесь на группы по 3 человека. В смартЛМС задание загружает **только один** студент из группы, это определяется студентами самостоятельно.
2. Прочитайте статью «Simple Ways to Forecast Inflation: What Works Best?» В.Н. Meyer, М. Pasaogullari (2010).
3. Разберите статью, обратите внимание на Приложение (Footnotes): там приведены спецификации тестируемых моделей.
4. Выберите страну для исследования (**кроме США: это не будет оценено**). Руководствуйтесь наличием данных, их частотностью, длиной доступного диапазона временных рядов: старайтесь найти как можно более длинные временные ряды квартальной частотности. Вам понадобятся следующие данные:
 - Темп совокупной (*headline*) инфляции аннуализированный¹, измеренный на основе ИПЦ (желательно квартальной частотности);
 - Темп базовой (*core*) инфляции аннуализированный², измеренный на основе ИПЦ (желательно квартальной частотности);
 - Инфляционные ожидания аннуализированные (желательно квартальной частотности);
 - 3 меры экономической активности (аннуализированный квартальный темп прироста реального ВВП; разрыв выпуска (реального ВВП); индексы экономической активности)³;

Задание

¹ Не всегда в статистике даны аннуализированные показатели. В этом случае рассчитываем самостоятельно. Если расчет произведен самостоятельно, это должно быть отражено в тексте и в Приложении к Вашей работе (предоставлены все расчеты). Если Вы не знаете, что такое аннуализированный темп инфляции – узнать это есть Ваша задача, в сети Интернет определение и формула легко находятся.

² Не всегда в статистике даны аннуализированные показатели. В этом случае рассчитываем самостоятельно. Если расчет произведен самостоятельно, это должно быть отражено в тексте и в Приложении к Вашей работе (предоставлены все расчеты).

³ Разрыв выпуска нужно рассчитывать самим, с использованием фильтра Ходрика-Прескотта. Расчеты приведите в Приложении, код прикрепите в ЛМС, в тексте в WORD опишите процедуру и полученные результаты.

Задание 1 (10 баллов)

Общая информация нашего исследования:

Страна	Австралия
Период исследования	с 1989-09-01 по 2023-09-01
Частотность данных	Квартал (3 месяца)
Среда (где выполнены расчеты, оценка модели: R, Eviews, Stata, Excel...)	Python (Гугл коллаб)
Источник данных: темп инфляции (ИПЦ) – ссылка	Темп инфляции, рассчитанный на основе ИПЦ в % (с сезонной корректировкой, квартальный) - таблица Источник таблицы - RBA
Источник данных: инфляционные ожидания – ссылка	Ожидания инфляции среди бизнеса в % (аннуализированные, квартальные) - таблица Источник таблицы - RBA
Источник данных: меры экономической активности – ссылка(и)	<ul style="list-style-type: none">○ Реальный ВВП в миллионах \$ (квартальный) - таблица Источник таблицы - RBA○ Композитный опережающий индикатор (CLI) нормализованный
Источник данных: темп базовой инфляции – ссылка	Темп инфляции с исключением волатильных элементов в % (сезонно скорректированный, квартальный) - таблица Источник таблицы - RBA

Таблица 1

Задание 10 (15 баллов)

Очищение от сезонности:

Удаление сезонности из временных рядов необходимо для повышения точности моделей, использующихся для прогнозирования. Сезонные колебания, вызванные регулярными изменениями спроса или специфическими факторами, такими как праздники или сельскохозяйственное производство, могут скрывать реальные тренды и исказить динамику инфляции. Очистка данных от сезонных эффектов позволяет лучше выявлять долгосрочные тенденции, делать периоды сопоставимыми, улучшать качество прогнозов и учитывать краткосрочные шоки, такие как изменения цен на энергоресурсы.

- Большинство наших рядов уже очищено от сезонности, так как они изначально идут seasonally adjusted (указано в источнике). Но два ряда: инфляционные ожидания (cpi_pred) и индекс экономической активности (cli) требуют обработки с помощью функции decompose из библиотеки statsmodel, что было сделано. В итоге наши ряды сезонно скорректированы.

Проверка на стационарность временных рядов:

Для проверки стационарности проведем обобщенный тест Дикки-Фуллера на наличие единичных корней. Для этого в библиотеке statsmodels есть функция adfuller(). Так как по результатам теста $p\text{-value} < 0.05$ для всех временных рядов, то они являются стационарными. Необходимости в расчете первых разностей нет.

Задание 2 (10 баллов)

Основные описательные статистики найденных временных рядов:

Параметр	Count	Mean	Std	Min	25%	50%	75%	Max	Median	Mode	Skew
cpi_pred	137.0	1.89	0.97	-0.1	1.24	1.65	2.24	5.0	1.65	0.94	1.18
cli	137.0	99.9	1.01	96.79	99.45	99.97	100.56	102.8	99.97	99.18	-0.27
cpi	137.0	2.8	2.56	-7.39	1.61	2.42	3.65	16.09	2.42	2.42	1.06
cpiif_xe	137.0	2.75	1.7	-5.1	2.02	2.42	3.24	8.67	2.42	2.02	0.51
real_gdp_growth_rate	137.0	2.97	3.86	-24.13	1.54	2.9	4.12	15.66	2.9	-24.13	-1.9
output_gap	137.0	-0.0	1.1	-7.05	-0.44	0.11	0.67	2.61	0.11	-7.05	-2.39

Таблица 2

Расшифровка переменных:

cpi_pred - Ожидания инфляции среди бизнеса аннуализированные в %

cli - Композитный опережающий индикатор (CLI) в % (индекс экономической активности)

cpi - Темп совокупной инфляции, рассчитанный на основе ИПЦ аннуализированный в %

cpiif_xe - Темп базовой инфляции, рассчитанный на основе ИПЦ аннуализированный в %

real_gdp_growth_rate - Квартальный темп прироста реального ВВП аннуализированный в %

output_gap - Разрыв выпуска (реального ВВП) в %

Задание 3 (10 баллов)

Используя простое МНК, мы оценили следующие спецификации:

Спецификация 1 (regression forecast): $\pi_{t+4}^4 - \pi_t = \alpha + \beta_1(\pi_t - \pi_{t-1}) + \beta_2(\pi_{t-1} - \pi_{t-2}) + \beta_3(\pi_{t-2} - \pi_{t-3}) + \beta_4(\pi_{t-3} - \pi_{t-4}) + \varepsilon_t$, где π_{t+4}^4 – фактический темп инфляции на 4 квартала вперед, π_t – аннуализированная квартальная инфляция в квартале t .

Оценим значимость коэффициентов регрессии (на уровне значимости 5%):

Переменная	Коэффициент	P-значение	Оценка значимости
const	0.0560	0.818	Незначим

delta_t	-0.6813	0.000	Значим
delta_t_minus_1	-0.3847	0.001	Значим
delta_t_minus_2	-0.2400	0.041	Значим
delta_t_minus_3	-0.0874	0.368	Незначим

Таблица 3

- Р-значение константы сильно превышает пороговое значение в 0.05. Это может означать, что наличие константы не добавляет значимой информации в модель.
- Изменения темпа инфляции за первые три периода (если считать от текущего t) являются значимыми, так как Р-значение меньше 0.05. Также можно заметить, что чем ближе период переменной к текущему времени, тем больше коэффициент при этой переменной и меньше Р-значение. Это говорит о том, что недавние изменения темпа инфляции сильнее влияют на прогноз.
- Изменения инфляции за последний период (delta_t_minus_3) являются незначимыми, так как Р-значение больше 0.05. Значит изменения темпа инфляции за 4 период не особо влияют на прогноз.

Рассмотрим оценку спецификации:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
1	регрессия с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	0.29
		RMSE	2.707

Таблица 4

- Модель объясняет всего 29% вариации темпа совокупной инфляции. Это свидетельствует о низкой объяснительной способности.
- Среднеквадратичная ошибка прогноза (RMSE) почти равна среднему значению инфляции (2.8). Это указывает на низкую точность модели, значит модель не очень хорошо предсказывает.

Низкая точность регрессионной модели может быть связана с недостаточной информативностью переменных (тк. мы учитываем только инфляцию за предыдущие периоды). Позже добавим ещё признаков и проверим, как это работает на самом деле.

- Спецификация 2 (naïve forecast): прогноз инфляции на год вперед – это есть (равен) темп(y) прироста ИПЦ за последние 4 квартала.

Оценим прогноз и сравним с регрессионным:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
1	Регрессия с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	0.29
		RMSE	2.707
2	Наивный прогноз с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	-
		RMSE	2.531

Таблица 5

- Значение RMSE у наивного прогноза (2.531) ниже, чем у регрессии (2.707), что делает его более предпочтительным для прогнозирования.

Задание 4 (10 баллов)

Мы повторили пункт (3), однако вместо показателя совокупного ИПЦ (headline *CPI*), использовали показатель базового ИПЦ (core *CPI*).

Спецификация 1_2 (regression forecast):

Оценим значимость коэффициентов регрессии (на уровне значимости 5%):

Переменная	Коэффициент	Р-значение	Оценка значимости
const	0.0638	0.813	Незначим
delta_t	-0.8061	0.000	Значим
delta_t_minus_1	-0.3434	0.132	Незначим
delta_t_minus_2	-0.2820	0.217	Незначим
delta_t_minus_3	-0.0463	0.813	Незначим

Таблица 6

- Как мы видим, единственной значимой переменной является изменение темпа инфляции за ближайший период (к текущему). Это говорит о том, что модель прогнозирует будущую инфляцию, основываясь преимущественно на предыдущем периоде, более дальние периоды не вносят значительных изменений.

Спецификация 2_2 (naïve forecast):

Оценим наивный и регрессионный прогноз и сравним с предыдущими прогнозами:

Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
1	Регрессия с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	0.29
		RMSE	2.707
2	Наивный прогноз с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	-
		RMSE	2.531
1_2	Регрессия с учетом темпа базовой инфляции	R ²	0.131
		RMSE	2.996
2_2	Наивный прогноз с учетом темпа базовой инфляции	R ²	-
		RMSE	2.521

Таблица 7

- При использовании показателя базовой инфляции, качество прогноза у модели регрессии заметно ухудшилось (увеличилась RMSE), а у наивного прогноза улучшилось (уменьшилась RMSE).
- Также уменьшился R² у регрессионной модели, построенной на основе базовой инфляции, значит меньший процент вариации объясняет эта модель

Задание 5 (10 баллов)

Используя простое МНК, оцените следующие спецификации:

- Спецификация 3: $\pi_{t+4}^4 = \alpha + \beta \pi_{t+4/t}^e$

, где $\pi_{t+4/t}^e$ — инфляционные ожидания в квартале t на 4 квартала (на год) вперед.

Оценим значимость коэффициентов регрессии (на уровне значимости 5%):

Переменная	Коэффициент	Р-значение	Оценка значимости
const	2.1393	0.000	Значим
cpi_pred_t_plus_4	0.2789	0.219	Незначим

Таблица 8

- Инфляционные ожидания в квартале на 4 квартала вперед являются незначимыми, что говорит о незначительном влиянии переменной.

Рассмотрим оценку спецификации:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
3	Регрессия с учетом темпа инфляционных ожиданий	R ²	0.011
		RMSE	2.423

Таблица 9

- Модель объясняет всего 1% вариации темпа совокупной инфляции. Это свидетельствует о еще более низкой объяснительной способности, чем предыдущие спецификации с использованием линейной регрессии.
- Среднеквадратичная ошибка прогноза (RMSE) уменьшилась до 2.423, что говорит о более высокой точности данной модели
- Такие противоречивые оценки (ухудшение R² и улучшение RMSE) можно объяснить:

Маленькое R² указывает, что модель улавливает только небольшую часть общей динамики инфляции. Например, инфляционные ожидания могут влиять на инфляцию, но связь может быть нелинейной или зависеть от других факторов, не учтенных в модели.

RMSE при этом может быть низким, если модель хорошо "подстраивается" под среднее значение данных.

- Спецификация 4: прогноз инфляции на год вперед – это есть (равен) темп(у) прироста квартальных инфляционных ожиданий за последние 4 квартала.

Рассмотрим оценку спецификации и сравним ее с оценкой регрессии:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
3	Регрессия с учетом темпа инфляционных ожиданий	R ²	0.011
		RMSE	2.423
4	Наивный прогноз с учетом темпа инфляционных ожиданий	R ²	-
		RMSE	2.477

Таблица 10

- Теперь у нас значение RMSE у наивного прогноза (2.476) выше, чем у регрессии (2.423), что делает эту модель менее предпочтительной.

- На основе инфляционных ожиданий лучше работает регрессионная модель, чем наивный прогноз.

Задание 6 (25 баллов)

Используя простое МНК, мы оценили следующие спецификации кривой Филлипса:

- Спецификация 5:

$$\pi_{t+4} - \pi_t = \alpha + \beta_1(\pi_t - \pi_{t-1}) + \beta_2(\pi_{t-1} - \pi_{t-2}) + \beta_3(\pi_{t-2} - \pi_{t-3}) + \beta_4(\pi_{t-3} - \pi_{t-4}) + \gamma x_{t-1} + \varepsilon_t$$

, где x_{t-1} – мера экономической активности в предыдущем квартале. За меру экономической активности мы приняли разрыв выпуска реального ВВП. Разрыв выпуска рассчитали с помощью фильтра Ходрика-Прескотта.

Подробно ознакомиться с методикой расчета разрыва выпуска можно [официальной документации](#) метода `hp_filter` из библиотеки `statsmodels`.

Оценим значимость коэффициентов регрессии (на уровне значимости 5%):

Переменная	Коэффициент	Р-значение	Оценка значимости
const	0.0200	0.934	Незначим
delta_t	-0.6955	0.000	Значим
delta_t_minus_1	-0.3520	0.003	Значим
delta_t_minus_2	-0.1938	0.102	Незначим
delta_t_minus_3	-0.0574	0.554	Незначим
output_gap_t_minus_1	-0.4618	0.051	Незначим

Таблица 11

- Новый признак является статистически незначимым, что должно говорить о слабом влиянии на зависимую переменную в линейной регрессии.
- Но Добавление разрыва ВВП(разница между потенциальным и фактическим ввп) в прошлом квартале немного улучшило нашу модель в сравнении с спецификацией 3
- К тому же если мы возьмем уровень значимости 10%, то коэффициент станет значимым

Рассмотрим оценку спецификации и сравним ее с оценкой спецификации 1:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
1	Регрессия с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	0.29
		RMSE	2.707
5	Регрессия с учетом разрыва ВВП	R ²	0.312
		RMSE	2.666

Таблица 12

- Действительно, при добавлении разрыва выпуска к нашей первой регрессии качество модели улучшается: R^2 увеличился, RMSE уменьшилась.

- Спецификация 6:

$\pi_{t+4}^4 - \pi_t = \alpha + \beta_1(\pi_t - \pi_{t-1}) + \beta_2(\pi_{t-1} - \pi_{t-2}) + \beta_3(\pi_{t-2} - \pi_{t-3}) + \beta_4(\pi_{t-3} - \pi_{t-4}) + \gamma x_{t-1} + \varepsilon_t$ Где x_{t-1} – мера экономической активности в предыдущем квартале. За меру экономической активности мы приняли аннуализированный квартальный темп прироста реального ВВП.

Оценим значимость коэффициентов регрессии (на уровне значимости 5%):

Переменная	Коэффициент	Р-значение	Оценка значимости
const	-0.1818	0.564	Незначим
delta_t	-0.6827	0.000	Значим
delta_t_minus_1	-0.4273	0.001	Значим
delta_t_minus_2	-0.2624	0.028	Значим
delta_t_minus_3	-0.0957	0.325	Незначим
real_gdp_growth_rate_t_minus_1	0.0783	0.236	Незначим

Таблица 13

- В данном случае признак даже при 10% уровне значимости является незначимым.
- В целом это может объясняться нелинейной связью между темпом прироста реального ВВП и инфляции, ведь экономический рост может происходить в периоды как высокой инфляции, так и низкой, что зависит от политики государства в отдельный период.

Рассмотрим оценку спецификации и сравним ее с оценкой спецификации 1:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
1	Регрессия с учетом темпа совокупной инфляции	R^2	0.29
		RMSE	2.707
6	Регрессия с учетом прироста реального ВВП	R^2	0.298
		RMSE	2.692

Таблица 14

- Добавление квартального темпа прироста к нашей начальной регрессии немного помогает улучшить модель, так как RMSE чуть-чуть уменьшился (на 0.01), а R^2 - увеличился. Но улучшения в оценках незначительны.

-Спецификация 7:

$\pi_{t+4}^4 - \pi_t = \alpha + \beta_1(\pi_t - \pi_{t-1}) + \beta_2(\pi_{t-1} - \pi_{t-2}) + \beta_3(\pi_{t-2} - \pi_{t-3}) + \beta_4(\pi_{t-3} - \pi_{t-4}) + \gamma x_{t-1} + \varepsilon_t$, где x_{t-1} – мера экономической активности в предыдущем квартале. За

меру экономической активности мы приняли индекс экономической активности - [Composite Leading Indicator](#).

CLI — это составной индекс, разработанный Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), который отражает ожидаемые изменения в экономической активности в ближайшем будущем. CLI рассчитывается на основе нескольких опережающих индикаторов, таких как уровень потребительского доверия, динамика рынка труда, показатели промышленного производства и другие факторы, которые часто предшествуют изменениям в деловом цикле.

Этот индекс хорошо подходит для прогнозирования инфляции (особенно в сочетании с другими данными, более непосредственно связанными с инфляцией), так как он предоставляет ранние сигналы о фазах экономического цикла: ускорение, замедление, спад или подъем.

Данный индекс можно встретить в других научных исследованиях: [ALICE: A New InflationMonitoring Tool](#) - здесь используется композитный опережающий индикатор для предсказания циклических изменений инфляции в еврозоне.

Оценим значимость коэффициентов регрессии (на уровне значимости 5%):

Переменная	Коэффициент	Р-значение	Оценка значимости
const	-127.5010	0.000	Значим
delta_t	-0.8186	0.000	Значим
delta_t_minus_1	-0.5504	0.000	Значим
delta_t_minus_2	-0.3587	0.001	Значим
delta_t_minus_3	-0.1435	0.104	Незначим
cli_t_minus_1	1.2759	0.000	Значим

Таблица 15

- Композитный опережающий индикатор (CLI) значим при всех уровнях значимости, с коэффициентом 1.2759. Компоненты данного индекса меняются быстрее, чем общая экономическая активность, что и способствует его привлекательности в использовании моделях для прогнозирования

Рассмотрим оценку спецификации и сравним с предыдущими моделями:

№ Спецификации	Описание спецификации	Параметр	Значение
1	Регрессия с учетом темпа совокупной инфляции	R ²	0.29
		RMSE	2.707
5	Регрессия с учетом разрыва ВВП	R ²	0.312
		RMSE	2.666
6	Регрессия с учетом прироста реального ВВП	R ²	0.298
		RMSE	2.692
7	Регрессия с учетом экономического индекса	R ²	0.428
		RMSE	2.430

- Добавление композитного опережающего индикатора (CLI) к первой регрессии заметно улучшает прогнозирование модели.
- Очевидно, что метрики данной модели лучше, чем в 5 и 6 спецификациях. Использование индекса с большим количеством компонентов рациональней, чем использовать разрыв ВВП или его темп прироста, не способных учитывать полностью экономическую ситуацию в стране и политику государства (в CLI учитывается ключевая ставка).

Задание 7 (5 баллов)

Опишем общие результаты оценок:

Линейная регрессия:

rmse	r^2	specification	to_predict	based_on
2.707	0.290	spec_1	cpi	cpi
2.996	0.131	spec_1	cpi	cpif_xe
2.423	0.011	spec_3	cpi	cpi_pred
2.666	0.312	spec_5	cpi	output_gap
2.692	0.298	spec_6	cpi	real_gdp_growth_rate
2.431	0.428	spec_7	cpi	cli

Таблица 17

- Наилучшей моделью с точки зрения баланса объясняющей способности и ошибки на предсказанных данных является 7 спецификация с дополнительным регрессором – композитный опережающий индекс, $RMSE = 2.431$ и $R^2 = 0.428$. У данной модели все признаки, кроме `delta_t_minus_3` являются статистически значимыми, в том числе и новый `output_gap_t_minus_1`. Лаггированное значение экономического индекса `cli_t_minus_1` улучшает предсказательную способность модели, мы получили максимальный R^2 среди всех регрессионных вариантов.
- Так же стоит отметить модель с минимальной `rmse` – парная регрессия из спецификации 3, там мы использовали лаг инфляционных ожиданий. Небольшое значение коэффициента детерминации объясняется предварительной корректировкой на сезонность признаков `cpi_pred` (инфляционные ожидания) и `cli` (композитный опережающий индекс). Однако, только минимальная ошибка не всегда говорит о лучшем качестве в принципе, поэтому необходимо провести больше исследований и обучить две модели на чистых тестовых данных, которые не были использованы при обучении. В инфляционных ожиданиях уже сидят ориентиры по экономическому развитию микро и макроуровня, изменение дкп, ценам на сырье, политическим моментам и тд., это хороший признак и модель тоже может быть весьма неплохой, но нужно провести больше тестов.

Наивный прогноз:

rmse	specification	to_predict	based_on
2.531	spec_2	cpi	cpi
2.521	spec_2_core	cpi	cpif_xe
2.477	spec_4	cpi	cpi_pred

- Так как это нелинейная модель, то R^2 не использовался. Лучшей моделью является спецификация 4 с наименьшим $RMSE = 2.477$, прогнозы на базе инфляционных ожиданий более точные. В отличие от моделей, основанных исключительно на прошлых данных (темпы инфляции в предыдущих периодах), ожидания интегрируют более широкий спектр информации и дают возможность учитывать будущие шоки или тенденции, которые еще не проявились в фактических данных. Поэтому модель с использованием инфляционных ожиданий способна точнее улавливать изменения в инфляционной динамике, что и объясняет снижение $RMSE$.

Задание 8 (10 баллов)

Мы построили прогнозы инфляции на основе оцененных моделей и сравнили прогнозные значения с фактической инфляцией в Австралии.

Результаты представьте в виде нескольких графиков, для более легкой интерпретации:

Наивный прогноз:

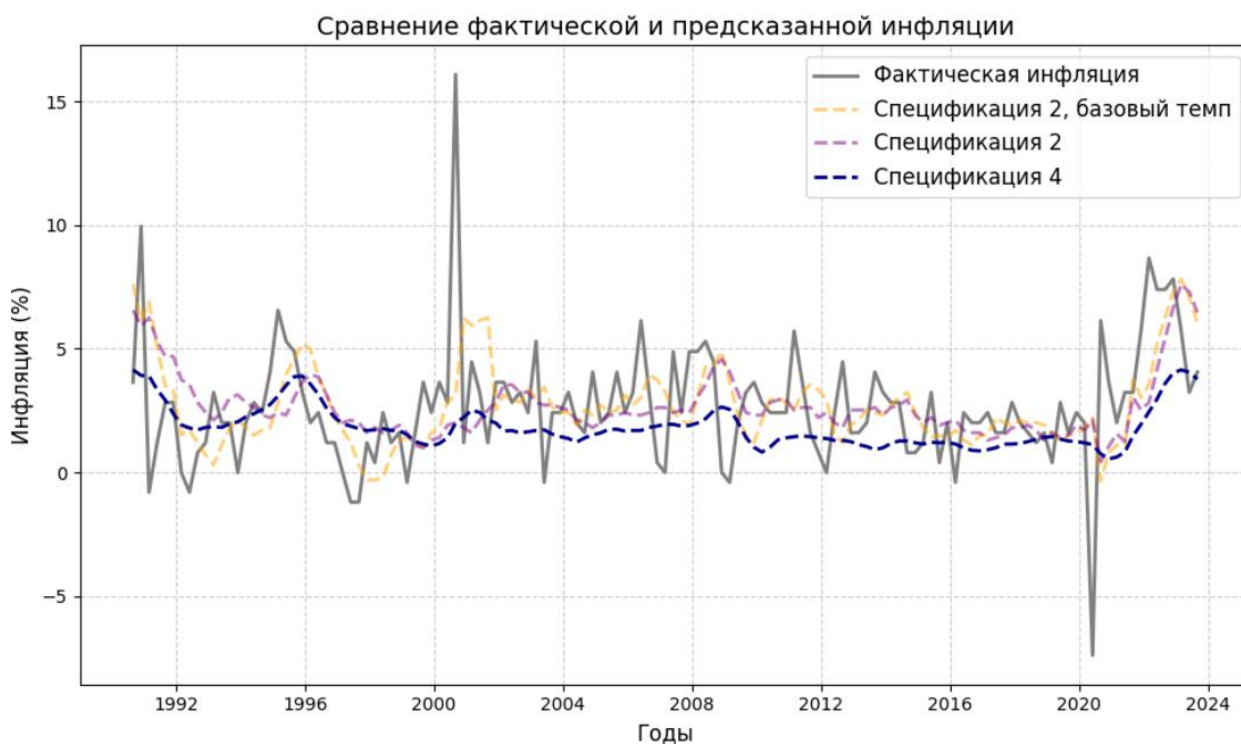


График 1

- Как мы видим по графику 1, лучшая модель (спецификация 4) очень мало волатильна. Она практически не предсказывает колебания, а просто показывает усредненные значения. Функция очень сильно сглажена.
- Другие спецификации более волатильны: они пытаются предсказать тренд.

Линейная регрессия:

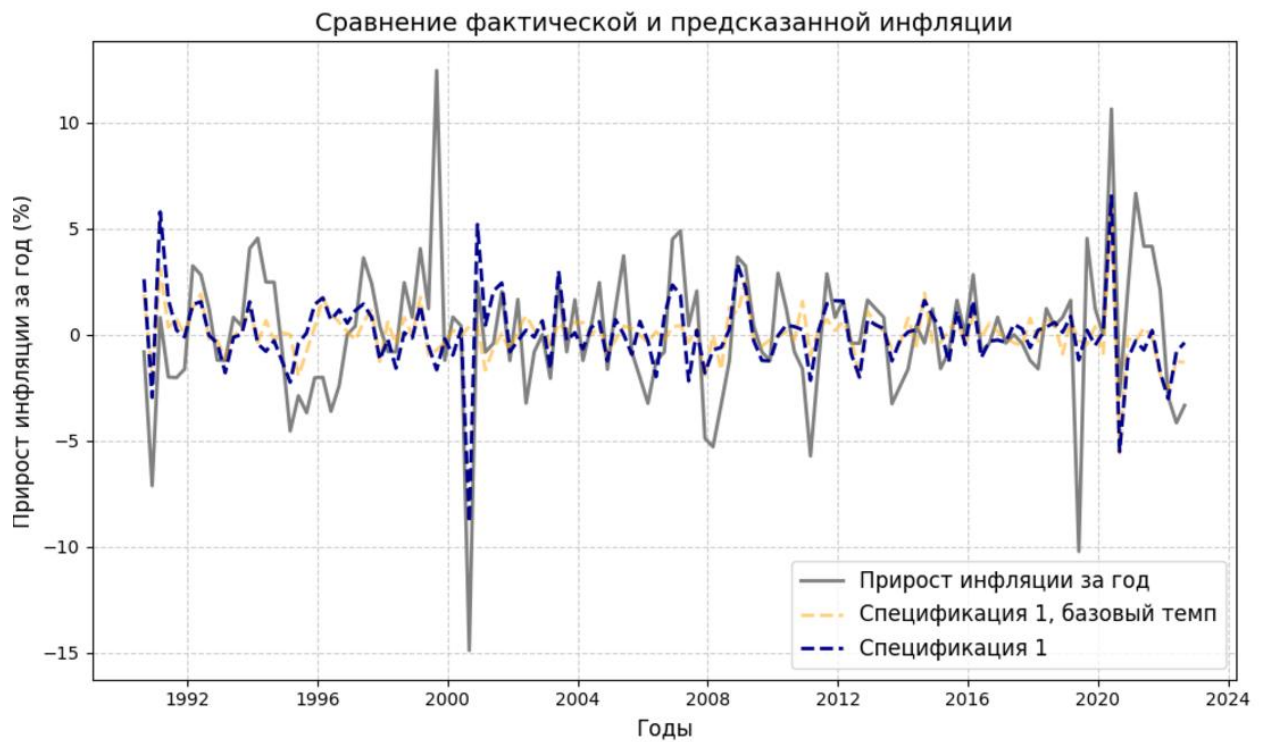


График 2

- В целом по графику 2 видно, что обе модели предсказывают примерно одинаково. Однако регрессия, построенная на основе базового темпа инфляции (спец. 1, базовый темп) не улавливает некоторые тренды, которые прогнозирует регрессия на основе совокупного темпа инфляции (спец.1).

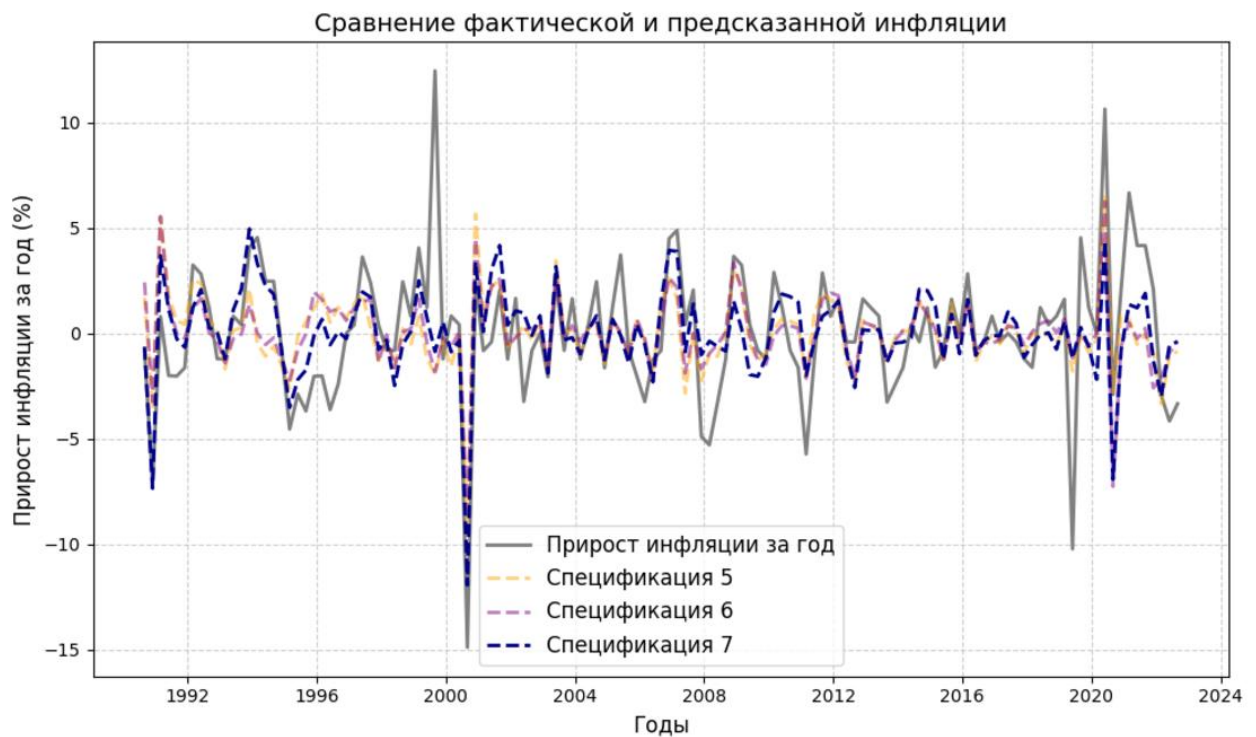


График 3

- По графику 3 видно, что Спецификация 7 (с индексом CPI) предсказывает лучше, чем другие модели (с разрывом ВВП и с темпом прироста ВВП). Спец. 7 более волатильна и ей удастся предсказывать тренды точнее.

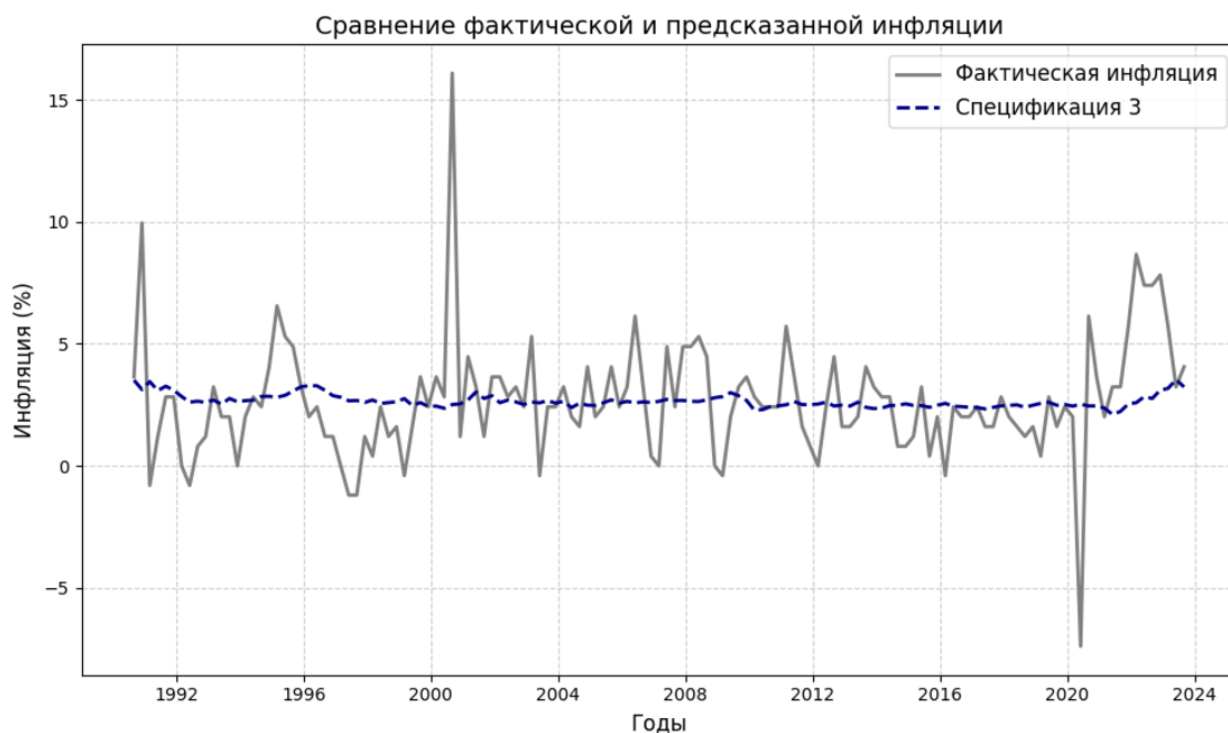


График 4

- По графику 4 заметно, что спецификация 3 очень сильно сглажена, даже ещё сильнее чем Спецификация 4 (наивный прогноз). Регрессия с инфляционными ожиданиями просто характеризует собой среднюю величину и не в состоянии улавливать какие-либо тренды.
- Несмотря на плохое предсказывание динамики, именно эта модель дала лучший RMSE.

Задание 9 (10 баллов)

Найдите в экономической литературе альтернативный метод прогнозирования инфляции. Приведите ссылку. Опишите его. Сравните с используемыми в данной работе методами.

Статья: Unobserved Components with Stochastic Volatility in U.S. Inflation: Estimation and Signal Extraction

Источник:

https://www.researchgate.net/publication/352199778_Unobserved_Components_with_Stochastic_Volatility_Simulation-based_Estimation_and_Signal_Extraction

Метод: UCSV с оценкой параметров через SML

-Unobserved Components with Stochastic Volatility

-Simulated Maximum Likelihood

UCSV

UCSV-метод — это модель стохастической волатильности с ненаблюдаемой составляющей. Она имеет сходство с моделями случайного блуждания, но добавление случайной ненаблюдаемой переменной позволяет моделировать необъяснимые рыночные шоки.

UCSV-модели популярны в моделировании инфляции. Для их оценки используют метод, основанный на важности выборки, который на каждой итерации максимизации вычисляет вероятность с интегрированными ненаблюдаемыми компонентами.

Инфляция (y_t) разлагается на две компоненты

$$y_t = \pi_t + \psi_t$$

Трендовая компонента:

Трендовая компонента моделируется как случайное блуждание с изменяющейся во времени волатильностью:

$$\pi_{t+1} = \pi_t + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, Q_t), \quad Q_t = e^{h_{\pi,t}}$$

Переходная компонента:

Переходная компонента описывается авторегрессионным процессом:

$$\psi_t = \phi\psi_{t-1} + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim N(0, \Omega_t), \quad \Omega_t = e^{h_{\psi,t}}$$

Стохастическая волатильность:

Волатильности обеих компонент изменяются во времени и моделируются как случайное блуждание:

$$\begin{aligned} h_{\pi,t+1} &= h_{\pi,t} + \zeta_{\pi,t}, & \zeta_{\pi,t} &\sim N(0, \sigma_{\pi}^2) \\ h_{\psi,t+1} &= h_{\psi,t} + \zeta_{\psi,t}, & \zeta_{\psi,t} &\sim N(0, \sigma_{\psi}^2) \end{aligned}$$

Simulated Maximum Likelihood (SML):

SML необходим, поскольку аналитическая функция правдоподобия для таких моделей недоступна из-за временной изменчивости волатильности (не линейная связь). SML позволяет интегрировать скрытые состояния (например, трендовые и переходные компоненты инфляции) через симуляции, используя важностное выборочное моделирование. Это делает метод подходящим для точной оценки сложных нелинейных моделей и анализа динамики инфляции, включая долгосрочные тренды и краткосрочные колебания.

Метод используется для оценки параметров модели $(\phi, \sigma_{\pi}, \sigma_{\psi}, Q_t, \Omega_t)$, так как аналитическая функция правдоподобия недоступна.

1. Функция правдоподобия:

$$L(\theta|y_1, \dots, y_T) = \int p(y_1, \dots, y_T|H_T, \theta)p(H_T|\theta)dH_T$$

где:

- $(\theta = (\phi, \sigma_{\pi}, \sigma_{\psi}))$
- $(H_T = \{h_{\{\pi,t\}}, h_{\{\psi,t\}}, \pi_t, \psi_t\}_{t=1}^T)$ — скрытые состояния.

2. Аппроксимация через важностное выборочное моделирование (importance sampling):

$$L(\theta) \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{p(y_1, \dots, y_T|H_T^{(i)}, \theta)p(H_T^{(i)}|\theta)}{g(H_T^{(i)}|\theta)}$$

где:

- $(\theta^{(j)})$ — симуляции скрытых состояний, $(g(H_T|\theta))$ — приближённая плотность, (M) — количество симуляций.

3. **Итерационная оптимизация:** Максимизация функции правдоподобия по параметрам (θ) :

$$\hat{\theta} = \arg \max_{\theta} \log L(\theta)$$

Сравнение с методами:

Мы использовали простые методы прогнозирования инфляции, такие как регрессионный анализ на основе прошлых данных и "наивные" прогнозы, основанные на годовых изменениях индекса потребительских цен. Также исследуются модели с включением дополнительных переменных, таких как индекс экономической активности и инфляционные ожидания, что позволяет улучшить точность прогнозов в некоторых периодах.

В статье "Unobserved Components with Stochastic Volatility" применяются более сложная модель, как модель стохастической волатильности с ненаблюдаемой составляющей (UCSV). Эта модель разлагает инфляцию на трендовую и временную составляющие, каждая из которых имеет свою волатильность. Для оценки таких моделей используется симуляционный метод максимального правдоподобия с важностным выбором, что позволяет учитывать изменения структуры данных и стохастические колебания, свойственные экономике (кризисы и изменения трендов).

В конечном итоге более сложный метод позволяет точнее прогнозировать динамику переменных, так как они подвержены не четким законам, а определенной случайности.