

ISSN 2523-4714

## 5. ТРИБУНА МОЛОДОГО УЧЕНОГО

## 5. YOUNG SCIENTIST'S PLATFORM

УДК 330.43

**К. В. Лемба**

Евразийский фонд стабилизации и развития, Москва, Россия

### ДЕЗАГРЕГИРОВАННЫЙ МЕТОД КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНФЛЯЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Исследование посвящено разработке дезагрегированного метода краткосрочного прогнозирования инфляции в Республике Беларусь, который предполагает прогнозирование отдельных компонентов индекса потребительских цен со схожими характеристиками и агрегацию полученных прогнозов в общую оценку. В рамках разработанного метода прогнозирование осуществляется с помощью факторных моделей, экспоненциального сглаживания, а также экспертных оценок. Ключевой особенностью представленного метода является применение оценки краткосрочных инфляционных ожиданий в Республике Беларусь в качестве объясняющего фактора. Полученные результаты демонстрируют высокую точность прогноза на временном горизонте в шесть месяцев.*

**Ключевые слова:** инфляция, инфляционные ожидания, краткосрочное прогнозирование, дезагрегированный метод

**Для цитирования:** Лемба, К. В. Дезагрегированный метод краткосрочного прогнозирования инфляции в Республике Беларусь / К. В. Лемба // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. — Минск, 2023. — Вып. 8. — С. 170–182.

**K. Lemba**

Eurasian Fund for Stabilization and Development, Moscow, Russia

### DISAGGREGATED METHOD OF SHORT-TERM INFLATION FORECASTING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

*The study is devoted to the development of a disaggregated method of short-term inflation forecasting in the Republic of Belarus. This method involves forecasting of individual components of the consumer price index with similar characteristics and aggregation of the obtained forecasts into a general estimate. Within the framework of the developed method, forecasting is carried out using factor models, exponential smoothing, as well as expert estimates. The key feature of the presented method is the use of the estimates of short-term inflation expectations in the Republic of Belarus as an explanatory factor. The obtained results demonstrate high accuracy of the forecast on a time horizon of six months.*

**Keywords:** inflation, inflation expectations, short-term forecasting, disaggregated method

**For citation:** Lemba K. Disaggregated method of short-term inflation forecasting in the Republic of Belarus. *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2023, iss. 8, pp. 170–182.

На текущий момент на фоне ускоряющейся инфляции в мире все больше возникает необходимость в детализированном анализе и прогнозировании инфляционных процессов.

Данная статья посвящена описанию дезагрегированного метода краткосрочного прогнозирования инфляции на основе факторных моделей (далее — ДМ-ФМ), который является модификацией метода, описанного в статье [1] (далее — ДМ-ARIMA).

**Описание используемых данных в рамках ДМ-ФМ.** При разработке ДМ-ФМ использовались данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по отдельным компонентам индекса потребительских цен (далее — ИПЦ) с января 2015 г. по сентябрь 2022 г. В частности, предполагается отдельное прогнозирование динамики цен:

- на 48 компонентов базовой инфляции;
- 19 компонентов административно регулируемых цен и тарифов;
- плодоовощную продукцию.

В качестве потенциальных объясняющих факторов использовались следующие показатели:

- изменение средневзвешенного и официального курса белорусского рубля к российскому рублю, доллару США, евро, а также изменение номинального эффективного курса;
- изменение потребительских цен в России, США, еврозоне и эффективная импортируемая инфляция;
- изменение количества голов свиней, коров и крупного рогатого скота в сельскохозяйственных организациях;
- также учитывались взаимосвязи между компонентами потребительской корзины.

**Описание механизма ДМ-ФМ.** Предлагаемый в рамках ДМ-ФМ процесс краткосрочного прогнозирования инфляции проходит в несколько этапов.

1. *Анализ и учет изменений потребительской корзины.* Потребительская корзина подвержена ежегодным изменениям. При изменении структуры потребительской корзины необходимо осуществить перерасчет весов агрегированных групп.

2. *Преобразование исходных данных.* Требуется преобразование компонентов ИПЦ, а также внешней инфляции в кумулятивные индексы и их последующее логарифмирование.

3. *Проверка временных рядов на наличие сезонности.* Традиционно динамика потребительских цен подвержена влиянию сезонного фактора. Определить наличие сезонности позволяют такие методы, как анализ автокорреляции сезонных лагов, тест Фридмана, тест Крускала-Уоллиса, анализ периодограммы, проверка значимости фиктивных переменных сезонности.

4. *Осуществление сезонного сглаживания временных рядов.* С учетом неярко выраженного сезонного фактора в некоторых анализируемых временных рядах рекомендуется осуществлять сезонное сглаживание методом X-13-ARIMA-SEATS [2], так как данный метод наиболее чувствителен при выявлении сезонного фактора.

Методика сезонного сглаживания временных рядов компонентов ИПЦ, применяемая в данном исследовании, основана на результатах исследования, описанных в статье [3].

5. *Проверка временных рядов на стационарность.* Проверка на стационарность осуществляется посредством анализа (частной) автокорреляционной функции, тестов единичного корня ((расширенного) Дики — Фуллера, Филлипса — Перрона, Квятковского — Филлипса — Шмидта — Шина). При выявлении нестационарности временного ряда производится переход к первым разностям.

6. *Прогнозирование показателей* осуществляется с использованием одного из следующих методов:

- факторных моделей;
- ARIMA-моделей (для прогнозирования автокоррелированных стационарных временных рядов, у которых отсутствуют явно выраженные объясняющие факторы);
- экспоненциального сглаживания (для прогнозирования неавтокоррелированных стационарных временных рядов, у которых отсутствуют явно выраженные объясняющие факторы);
- экспертной оценки (прогнозирование административно регулируемых цен и тарифов, а также цен на сахар, которые контролируются государством).

При построении *факторных моделей* накладывается ряд условий.

*Условие 1 — учет как инерционности в динамике цен, так и влияния фактора краткосрочных инфляционных ожиданий участников рынка.* За счет учета фактора краткосрочных инфляционных ожиданий предлагаемое условие позволяет:

- сгладить влияние шоковых периодов на прогноз за счет уменьшения влияния инерционности;
- решить проблему отсутствия учета медленно меняющегося локального среднего значения, которая характерна для одномерных эконометрических моделей.

Данное условие может быть представлено в следующем виде:

$$\pi_{it} = \beta_1 \cdot \pi_{i(t-1)} + \beta_2 \cdot \pi_{it}^e + u_{it}, \quad (1)$$

где  $\pi_{it}$  – сезонно сглаженный прирост цены компонента  $i$  в структуре потребительской корзины за период  $t$ , в процентах;  $\pi_{it}^e$  – сезонно сглаженный ожидаемый прирост цены компонента  $i$  в структуре потребительской корзины за период  $t$ , в процентах.

Также на практике в уравнении (1) осуществляется проверка гипотезы о линейном ограничении на параметры [4, с. 13]:

$$H_0 : \beta_1 + \beta_2 = 1,$$

$$H_1 : \beta_1 + \beta_2 \neq 1.$$

Данная гипотеза проверяется на основании  $t$ -статистики (статистики Стьюдента) [4, с. 13]:

$$t_{\text{набл}} = \frac{b_1 + b_2 - 1}{S_{b_1 + b_2}} \sim t_{\text{крит}} = t(\alpha / 2, n - m - 1),$$

где  $S_{b_1 + b_2} = \sqrt{S_{b_1 + b_2}^2} = \sqrt{S_{b_1}^2 + S_{b_2}^2 + 2\text{cov}(b_1; b_2)}$  находится с помощью свойств дисперсии и ковариации;  $\alpha$  – уровень значимости (вероятность совершить ошибку первого рода, которая предполагает, что будет отвергнута правильная нулевая гипотеза);  $n$  – количество наблюдений в уравнении;  $m$  – количество экзогенных факторов в уравнении.

В процессе построения уравнений, если нулевая гипотеза ( $H_0$ ) принимается при уровне значимости  $\alpha = 1\%$ , то накладывается соответствующее ограничение на параметры.

С учетом того, что ожидаемый прирост цен на компоненты потребительской корзины может равняться ожидаемому общему приросту цен, то в данном исследовании было сделано предположение о следующем равенстве:

$$\pi_{it}^e = \pi_{-}c_t^e,$$

где  $\pi_{-}c_t^e$  – сезонно сглаженная ожидаемая базовая инфляция за период  $t$ , в процентах.

С учетом данного предположения модифицированное уравнение (1) принимает вид:

$$\pi_{it} = \beta_1 \cdot \pi_{i(t-1)} + \beta_2 \cdot \pi_{-}c_t^e + u_{it},$$

Расчет сезонно сглаженной ожидаемой базовой инфляции за период  $t(\pi_{-}c_t^e)$  предлагается оценивать посредством использования результатов ежемесячного опроса предприятий (около 1 350 респондентов) в рамках проекта мониторинга предприятий реального сектора экономики, заказчиком которого является Национальный банк Республики Беларусь. В частности, анализируются ответы на вопрос «Как, по вашему мнению, в целом будет изменяться цена в следующие 3 месяца?», который предполагает пять вариантов ответа:

- будут расти быстрее, чем сейчас;
- будут расти так же интенсивно;
- будут расти медленнее, чем сейчас;
- не будут изменяться;
- будут снижаться.

В данном случае для квантификации инфляционных ожиданий предлагается использовать *модифицированный вероятностный метод квантификации инфляционных ожиданий*, который описан в статье [5]. В результате расчет сезонно сглаженной ожидаемой базовой инфляции за период  $t(\pi_{-}c_t^e)$  принимает следующий вид:

$$\pi_{-}c_t^e = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{c_{t-1}}{c_{t-4}} \cdot 100 - 100\right) \cdot \text{ind}_{t-1} + 100}{100}} \cdot 100 - 100,$$

где  $c_{t-1}$  – сезонно сглаженный кумулятивный индекс базовой инфляции (далее – БИПЦ) в период  $t-1$ ;  $\text{ind}_t$  – сезонно сглаженный (в случае подтверждения сезонности) индекс отклонения

ожидаемого уровня инфляции от воспринимаемого, который рассчитывается по формуле (используются предположения о нормальном распределении ответов респондентов):

$$\text{ind}_t = \left( \frac{C_t + D_t}{C_t + D_t - (A_t + B_t)} \right)_{sa};$$

$A_t = N^{-1}(1 - a_t)$ ,  $B_t = N^{-1}(1 - a_t - b_t)$ ,  $C_t = N^{-1}(1 - a_t - b_t - c_t)$ ,  $D_t = N^{-1}(e_t)$ ;  $N^{-1}(\cdot)$  – обратная функция нормального распределения;  $a_t$  – доля респондентов, ожидающих в период  $t$ , что цены будут расти быстрее;  $b_t$  – доля респондентов, ожидающих в период  $t$ , что цены будут расти теми же темпами;  $c_t$  – доля респондентов, ожидающих в период  $t$ , что цены будут расти медленнее;  $e_t$  – доля респондентов, ожидающих в период  $t$ , что цены будут снижаться.

В рамках данного исследования прогноз показателя  $\text{ind}_t$  предполагает использование экспертной оценки.

*Условие 2 – учет приближения ценового индекса на определенные товары или услуги к своему потенциальному уровню.* Ввод данного условия основан на следующих предположениях:

- цены на определенные товары или услуги не могут постоянно расти или снижаться темпами больше или меньше темпов его потенциального уровня;
- потенциальный уровень индекса компонента ИПЦ зависит от определенного агрегированного показателя (например, ИПЦ или БИПЦ). В данном исследовании для оценки потенциального уровня используется БИПЦ.

Графически данное условие представлено на рис. 1.

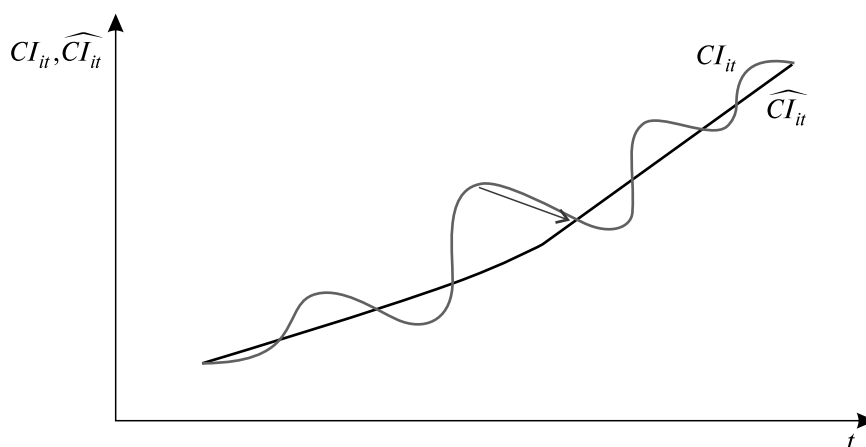


Рис. 1. Взаимосвязь между ценовым индексом компонента ИПЦ ( $CI_{it}$ ) и его потенциальным уровнем ( $\widehat{CI_{it}}$ )

И с т о ч н и к: разработано автором.

Fig. 1. Relationship between the price index of the CPI component ( $CI_{it}$ ) and its potential level ( $\widehat{CI_{it}}$ )

S o u r c e: author's developed.

В настоящем исследовании учет условия 2 осуществляется посредством построения модели коррекции ошибок (ЕСМ-модель [6]), которая может быть представлена в следующем виде:

$$\Delta \ln(CI_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot (\ln(CI_{it}) - \alpha_0 - \alpha_1 \cdot \ln(c_t)) + u_{it},$$

где  $CI_{it}$  – сезонно сглаженный кумулятивный ценовой индекс компонента  $i$  потребительской корзины в период времени  $t$ .

Учет данного условия осуществляется в случае его подтверждения посредством теста Йохансена.

*Условие 3 – учет взаимосвязей между компонентами ИПЦ, а также влияния иных инфляционных факторов (внешних и внутренних).*

В рамках разработанного подхода выявление наличия взаимосвязей между компонентами ИПЦ, а также факторов (внешних и внутренних), влияющих на инфляционные процессы, осуществлялось посредством корреляционного и регрессионного анализа.

Подбор оптимального лага для объясняющих показателей осуществлялся посредством пошаговой регрессии (stepwise regression, STEPLS), механизм, преимущества и недостатки которой описаны в исследованиях [7–9].

*Условие 4 – учет эффекта асимметрии влияния изменения обменного курса на инфляцию.* В рамках ДМ-ФМ учет данного условия осуществляется следующим способом:

$$\pi_{it} = \beta_1 \cdot (ER_t | ER_t > 0) + \beta_2 \cdot (ER_t | ER_t \leq 0) + u_{it}, \quad (2)$$

где  $\pi_{it}$  – сезонно сглаженный прирост цены компонента  $i$  в структуре потребительской корзины за период  $t$ , в процентах;  $ER_t$  – изменение обменного курса белорусского рубля (к доллару США, евро, российскому рублю или эффективного) за период  $t$ , в процентах.

Также требуется осуществление проверки гипотезы о линейном ограничении на параметры в формуле (2) [4, с. 13]:

$$H_0 : \beta_1 - \beta_2 = 0,$$

$$H_1 : \beta_1 - \beta_2 \neq 0,$$

Проверка гипотезы осуществляется на основании  $t$ -статистики (статистики Стьюдента) [4, с. 13]:

$$t_{\text{набл}} = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1 - b_2}} \sim t_{\text{крит}} = t(\alpha / 2, n - m - 1),$$

где  $S_{b_1 - b_2} = \sqrt{S_{b_1 - b_2}^2} = \sqrt{S_{b_1}^2 + S_{b_2}^2 - 2\text{cov}(b_1; b_2)}$  находится с помощью свойств дисперсии и ковариации.

В случае принятия нулевой гипотезы о равенстве коэффициентов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  в уравнении (2) эффект асимметрии влияния изменения обменного курса на инфляцию не учитывается.

Используемая в рамках ДМ-ФМ модель *ARIMA* ( $p, d, q$ ) может быть представлена следующим образом:

$$\Delta^d \pi_t = a + \sum_{i=1}^p b_i \cdot \Delta^d \pi_{t-i} + \sum_{j=1}^q c_j \cdot \Delta^d \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t,$$

где  $p$  – порядок авторегрессии;  $q$  – порядок скользящего среднего;  $d$  – порядок разности;  $\pi_t$  – величина инфляции в период  $t$ ;  $a, b, c$  – коэффициенты при переменных;  $\varepsilon_t$  – случайная ошибка.

В рамках данного исследования при определении оптимальной *ARIMA*-модели строятся 9 спецификаций моделей, в которых параметры  $p$  и  $q$  варьируются от 0 до 2, а параметр  $d = 1$ , при этом одновременно учитываются шоковые периоды посредством использования фиктивных переменных, которые выявляются на этапе графического анализа и сезонного сглаживания временного ряда. Выбор оптимальной модели осуществляется посредством критерия Шварца [10].

При прогнозировании *методом экспоненциального сглаживания* в рамках представленного метода применяется метод Хольта – Уинтерса без учета сезонного фактора [11]:

$$\pi_{t+h} = L_t + h \cdot T_t,$$

где  $\pi_{t+h}$  – прогнозный временной ряд в момент времени  $t + h$ ;  $L_t$  и  $T_t$  – сглаженный уровень и тренд временного ряда в момент времени  $t$  соответственно.

При этом значения  $L_t$  и  $T_t$  определяются следующим образом [11]:

$$L_t = \alpha \cdot \pi_t + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}),$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1},$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – сглаживающие параметры для уровня и тренда временного ряда соответственно.

Экспертная оценка формируется на основе дополнительной информации, полученной как из официальных, так и из открытых источников.

С учетом вышесказанного разработанный ДМ-ФМ представляет собой систему взаимосвязанных уравнений. Схема построения краткосрочного прогноза показателя инфляции в рамках разработанного метода представлена на рис. 2.

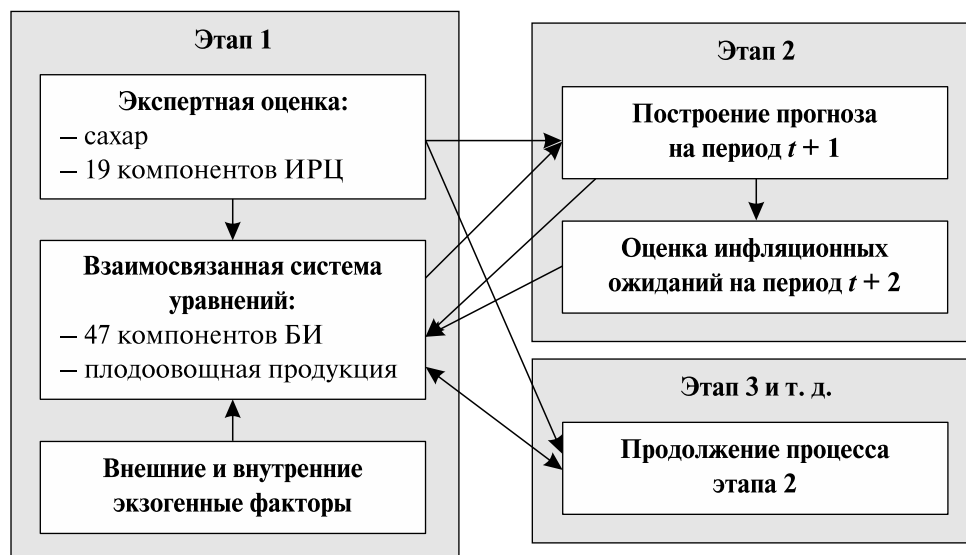


Рис. 2. Схема построения краткосрочного прогноза показателя инфляции в рамках ДМ-ФМ  
Источники: разработано автором.

Fig. 2. Scheme of short-term inflation forecasting within the framework of DM-FM  
Source: author's developed.

Используемые методы прогнозирования компонентов инфляции, а также выявленные взаимосвязи, применяемые при построении факторных моделей, представлены в таблице.

**Результаты.** В рамках исследования была осуществлена оценка прогностических свойств разработанного метода прогнозирования на основании данных с января 2021 г. по сентябрь 2022 г. Всего было построено 16 прогнозов по шесть прогнозных периодов в каждом.

Для статистической оценки прогностических свойств использовалась средняя абсолютная ошибка прогноза (далее – *MAE*) ввиду того, что показатель инфляции является относительным показателем.

Формула расчета средней абсолютной ошибки прогноза  $MAE(h)$  в прогнозном периоде  $h$  имеет следующий вид:

$$MAE(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_{t+h} - \widehat{Z_{i(t+h)}}|,$$

где  $Z_{t+h}$  – фактическое значение инфляции в годовом выражении, в прогнозном периоде  $t+h$ ;  $\widehat{Z_{i(t+h)}}$  – прогнозное значение инфляции в годовом выражении в прогнозном периоде  $t+h$ , которое соответствует номеру прогноза  $i$ , в процентах;  $t$  – период последнего наблюдаемого значения прогнозируемой переменной;  $h$  – прогнозный период, номер месяца;  $n$  – количество сравниваемых прогнозов.

Стоит отметить, что при построении прогнозов:

- предполагалось соответствие экспертных оценок изменения регулируемых цен, а также прогноза объясняющих аспектов фактическим значениям;
- осуществлялось обнуление значений фиктивных переменных, которые использовались для учета шоковых периодов.

Используемые методы прогнозирования компонентов инфляции  
Methods used for forecasting inflation components

Компонент ИПЦ	Обозначение	Учет сезонности	ДМ-ARIMA			ДМ-ФМ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			ARIMA			Экспоненциальное сглаживание	Экспертная оценка	Учет взаимосвязей в факторной модели																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
								Краткосрочная																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																				Долго-срочная																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
																																Обменный курс (средневзвешенный)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Инфляционная	в России	эффективная	Поголовье свиней					нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			к доллару США	к евро	к российскому рублю	эффективный	учет асимметрии																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Плодоовощная продукция	$f_t$	+		+		+		+		+																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			



[illegible]





[illegible]

Окончание таблицы  
Ending of the table

Компонент ИПЦ	Обозначение	Учет сезонности	ДМ-ARIMA			ДМ-ФМ																		
			ARIMA	Экспоненциальное сглаживание	Экспертная оценка	Факторная модель	Экспоненциальное сглаживание	Экспертная оценка	Долго-срочная	Краткосрочная														
										Учет взаимосвязей в факторной модели	Инфляционная	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	Цена на							
																	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу	
Ритуальные услуги	$a_{10\_4t}$	—			+			+			Базовый ИПЦ	Инфляционные ожидания	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу
Технический осмотр транспортных средств (легковых автомобилей)	$a_{10\_5t}$	—			+			+			Базовый ИПЦ	Инфляционные ожидания	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу
Страхование	$a_{10\_6t}$	—			+			+			Базовый ИПЦ	Инфляционные ожидания	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу
Охрана жилищ	$a_{10\_7t}$	—			+			+			Базовый ИПЦ	Инфляционные ожидания	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу
По сдаче в аренду (наем) административные	$a_{10\_9t}$	—			+			+			Базовый ИПЦ	Инфляционные ожидания	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу
Государственные пошлины за осуществление административных процедур	$a_{10\_10t}$	—			+			+			Базовый ИПЦ	Инфляционные ожидания	Инфляция	Обменный курс (средневзвешенный)	в России	эффективная	Половые свиней	нефтепродукты	медикаменты	мясо и мясопродукты	молоко и молочные продукты	сахар	муку пшеничную	ткани и пряжу

Источник: разработано автором.  
Source: author's developed.

При этом результаты оценки прогностических свойств ДМ-ФМ сравнивались с результатами оценки ДМ-ARIMA, а также трех базовых методов прогнозирования временного ряда ИПЦ:

— для прогнозирования сезонно сглаженного временного ряда ИПЦ использовались модели  $AR(1)$  и  $ARIMA(1,1,1)$ ;

— для прогнозирования не сезонно сглаженного временного ряда ИПЦ использовалась модель  $SARIMA(1,1,0)(1,0,1)$ .

Подбор спецификаций моделей  $ARIMA(1,1,1)$  и  $SARIMA(1,1,0)(1,0,1)$  был осуществлен на основании критерия Шварца.

В случае применения моделей  $AR(1)$  и  $ARIMA(1,1,1)$  использовался сезонно сглаженный временной ряд ИПЦ, полученный посредством прямого метода сезонного сглаживания, описанного в статье [3].

Результаты оценки всех рассматриваемых методов прогнозирования инфляции представлены на рис. 3.

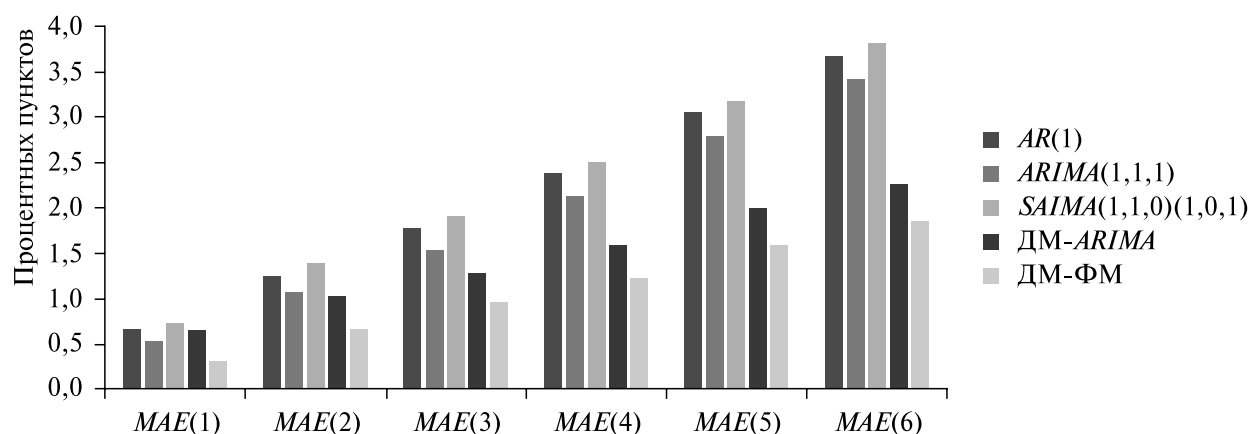


Рис. 3. Сравнение прогностических свойств рассмотренных методов прогнозирования инфляции

Источник: разработано автором.

Fig. 3. Prognostic properties comparison of the considered inflation forecasting methods

Source: author's developed.

Согласно полученным прогнозным результатам можно сделать вывод, что базовые модели типа  $AR(1)$ ,  $ARIMA(1,1,1)$  и  $SARIMA(1,1,0)(1,0,1)$  за счет того, что они основаны на учете инерционности прогнозируемого показателя демонстрируют хороший прогнозный результат в прогнозном периоде до трех месяцев. Однако в шоковые периоды при использовании данного типа моделей качество прогнозов ухудшается.

В то же время ДМ-ARIMA и ДМ-ФМ в два раза повышают точность прогноза на всем рассматриваемом прогнозном периоде по сравнению с иными рассматриваемыми методами. При этом наиболее точным является ДМ-ФМ: результаты расчета ( $MAE(1) = 0,33$  п. п.,  $MAE(2) = 0,67$  п. п.,  $MAE(3) = 0,98$  п. п.,  $MAE(4) = 1,24$  п. п.,  $MAE(5) = 1,60$  п. п.,  $MAE(6) = 1,86$  п. п.) указывают на высокие прогностические свойства представленного метода на прогнозном периоде до шести месяцев. Повысить прогнозные качества удалось за счет добавления экспертной оценки, учета влияния экзогенных факторов, а также ряда условий, накладываемых при построении моделей.

### Список использованных источников

1. Лемба, К. Краткосрочное прогнозирование инфляции в Республике Беларусь: дезагрегированный подход / К. Лемба, В. Утешева // Банк. весн. — 2019. — № 9 (674). — С. 3–11.
2. X-13ARIMA-SEATS Reference Manual [Electronic resource] // Time Series Research Staff Center for Statistical Research and Methodology U.S. Census Bureau. — Mode of access: <https://www2.census.gov/software/x-13arima-seats/x-13-data/documentation/docx13as.pdf>. — Date of access: 11.12.2022.

3. Лемба, К. Особенности сезонной корректировки инфляции в Республике Беларусь: не прямой подход / К. Лемба, В. Утешева // Банк. весн. — 2021. — № 7 (696). — С. 21–32.
4. Васенкова, Е. И. Практикум по эконометрике : учеб.-метод. пособие / Е. И. Васенкова, Ю. Г. Абакумова, С. Ю. Бокова. — Минск : БГУ, 2015. — 139 с.
5. Лемба, К. В. Применение модифицированного вероятностного метода квантификации краткосрочных инфляционных ожиданий в Республике Беларусь / К. В. Лемба // Экономика, моделирование, прогнозирование : сб. науч. тр. — Минск : НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. — 2022. — Вып. 16. — С. 261–267.
6. Engle, R. F. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing / R. F. Engle, C. W. J. Granger // *Econometrica*. — 1987. — Vol. 55, № 2. — P. 251–276.
7. Derksen, S. Backward, Forward and Stepwise Automated Subset Selection Algorithms: Frequency of Obtaining Authentic and Noise Variables / S. Derksen, H. J. Keselman // *British J. of Mathematical and Statistical Psychology*. — 1992. — № 45. — P. 265–282.
8. Hurvich, C. M. The Impact of Model Selection on Inference in Linear Regression / C. M. Hurvich, C. L. Tsai // *American Statistician*. — 1990. — № 44. — P. 214–217.
9. Roecker, E. B. Prediction Error and its Estimation for Subset-Selection Models / E. B. Roecker // *Technometrics*. — 1991. — № 33. — P. 459–469.
10. Schwarz, G. Estimating the dimension of a model / G. Schwarz // *Annals of Statistics*. — 1978. — Vol. 6, № 2. — P. 461–464.
11. Holt-Winters — No Seasonal (two parameters) [Electronic resource] // EViews 13 Help Topics. — Mode of access: [https://www.eviews.com/help/helpintro.html#page/content%2Fseries-Exponential\\_Smoothing.html%23ww133834](https://www.eviews.com/help/helpintro.html#page/content%2Fseries-Exponential_Smoothing.html%23ww133834). — Date of access: 11.12.2022.

## References

1. Lemba K., Utesheva V. Short-term inflation forecasting in the Republic of Belarus: a disaggregated approach. *Bankauski Vesnik = Bank Bulletin*, 2019, no. 9 (674), pp. 3–11 (in Russian).
2. *X-13ARIMA-SEATS Reference Manual*. Available at: <https://www2.census.gov/software/x-13arima-seats/x-13-data/documentation/docx13as.pdf> (accessed 11 December 2022).
3. Lemba K., Utesheva V. Seasonal Adjustment Features of Inflation in the Republic of Belarus: Indirect Approach. *Bankauski Vesnik = Bank Bulletin*, 2021, no. 7 (696), pp. 21–32 (in Russian).
4. Vasenkova E., Abakumova J., Bokova S. Practical Training in Econometrics. Minsk, 2015. 139 p. (in Russian).
5. Lemba K. Application of the modified probabilistic method of short-term inflation expectations quantification in the Republic of Belarus. *Economika, modelirovanije, prognosirovanije. Sbornik nauchnyh trudov = Economics, Modeling, Forecasting. Collection of Scientific Papers*. Minsk, 2022, no. 16, pp. 261–267 (in Russian).
6. Engle R. F., Granger C. W. J. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 1987, vol. 55, no. 2, pp. 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
7. Derksen S., Keselman H. J. Backward, Forward and Stepwise Automated Subset Selection Algorithms: Frequency of Obtaining Authentic and Noise Variables. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 1992, no. 45, pp. 265–282. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1992.tb00992.x>
8. Hurvich C. M., Tsai C. L. The Impact of Model Selection on Inference in Linear Regression. *American Statistician*, 1990, no. 44, pp. 214–217. <https://doi.org/10.1080/00031305.1990.10475722>
9. Roecker E. B. Prediction Error and its Estimation for Subset-Selection Models. *Technometrics*, 1991, no. 33, pp. 459–469. <https://doi.org/10.2307/1269417>
10. Schwarz G. Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 1978, vol. 6, no. 2, pp. 461–464. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>
11. Holt-Winters — No Seasonal (two parameters). Available at: [https://www.eviews.com/help/helpintro.html#page/content%2Fseries-Exponential\\_Smoothing.html%23ww133834](https://www.eviews.com/help/helpintro.html#page/content%2Fseries-Exponential_Smoothing.html%23ww133834) (accessed 11 December 2022).

### Информация об авторе

**Лемба Кирилл Васильевич** — эксперт, Евразийский фонд стабилизации и развития, e-mail: [KLemba@efsd.org](mailto:KLemba@efsd.org)

### Information about the author

**Lemba K.** — expert, Eurasian Fund for Stabilization and Development, e-mail: [KLemba@efsd.org](mailto:KLemba@efsd.org)

Статья поступила в редколлегию 23.10.2023

Received by editorial board 23.10.2023