

УДК 519.862:336.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕЙСТВИЙ ЗАЕМЩИКОВ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА



А.И. Слаута,
Магистрант ГрГУ,
специалист ОАО «БНБ-Банк»



О.Б. Цехан,
Заведующий кафедрой математического и
информационного обеспечения
экономических систем УО "ГрГУ им.Янки
Купалы", кандидат физико-
математических наук, доцент.

Учреждение образования "Гродненский государственный университет имени Янки Купалы",
Республика Беларусь
ОАО «БНБ-Банк», Республика Беларусь
E-mail: anya.slauta@mail.ru, tsekhan@grsu.by

А.И. Слаута

Окончила Учреждение образования "Гродненский государственный университет имени Янки Купалы" в 2018 г. Студент магистратуры по специальности «Прикладной компьютерный анализ данных». Работает в ОАО «Белорусский народный банк» в должности специалиста отдела анализа и контроля кредитных рисков.

О.Б. Цехан

Область научных интересов: математическая теория управления, моделирование динамических систем, теория принятия решений.

Аннотация. Построены адекватные эконометрические модели для прогнозирования макроэкономических показателей ВВП, ИПЦ, курс белорусского рубля к доллару с целью применения их в дальнейшем для прогнозирования вероятности дефолта экономических субъектов коммерческого банка Республики Беларусь. В качестве инструмента анализа и прогнозирования использовалась программная среда для выполнения статистических вычислений R.

Ключевые слова: макроэкономические показатели, вероятность дефолта, заемщики, ARIMA, прогнозирование, R

Введение. Кредитная деятельность является основным источником дохода банков. Поэтому важной для успешной деятельности банков является задача мониторинга рисков, рисков невозврата долга, а также прогнозирование вероятности дефолта на будущие периоды. Прогнозирование развития возможных отрицательных процессов в деятельности банка позволит обеспечить высокую эффективность кредитной деятельности банка, избежать банкротства. Отметим, что наличие оценки вероятности дефолта относится к основным требованиям Базельского комитета к использованию внутренних рейтингов [1].

Анализ исследований отечественных и зарубежных авторов позволяет говорить об эффективности применения процесса моделирования для формирования достоверных прогнозов на основе анализа исторических данных о развитии процессов и влияющих на них

факторов. В работе [2] представлен обзор основных моделей для оценки вероятности дефолта заемщика.

С целью построения моделей для прогнозирования вероятности дефолта заемщиков коммерческого банка в качестве признаков выбраны вероятности дефолта физических (Total RB) и юридических лиц (Total LE), рассчитанные по кредитным портфелям.

Известно [3-4], что учет макроэкономических переменных существенно улучшает качество модели, позволяет улучшить прогнозное качество вероятности дефолта. Макроэкономические показатели имеют огромное значение для принятия тех или иных решений в политической, социальной, экономической сферах, являются ориентиром для предпринимателей, отдельных граждан, зарубежных партнеров в их хозяйственной деятельности. Они отражают реальное положение экономики в стране, формируют представление о финансовом положении экономических субъектов. При моделировании дефолта заемщиков макроэкономические факторы характеризуют эффекты внешней среды [5], которые одинаково влияют на все группы заемщиков в определенное календарное время.

Материалы и методы. Одними из главных макроэкономических показателей являются валовой внутренний продукт (ВВП) и индекс потребительских цен (ИПЦ). В качестве макропеременных часто используют темп роста ВВП и уровень инфляции как опережающие индикаторы банковского кризиса. Также значимым показателем остаётся обменный курс белорусского рубля к доллару [6]. Информация о будущих значениях этих показателей может использоваться банками при анализе кредитного риска и оценке финансовой стабильности.

Целью настоящего исследования является построение моделей, способных давать качественный прогноз макроэкономических показателей (ВВП, ИПЦ, курс белорусского рубля к доллару), с целью применения их в дальнейшем для прогнозирования вероятности дефолта экономических субъектов. В качестве инструмента анализа и прогнозирования использовалась программная среда для выполнения статистических вычислений R.

С целью анализа и прогнозирования динамики выбранных показателей наряду с рядами исходных данных рассматривались также ряды, характеризующие их динамические характеристики – приросты. На рисунке 1 отражены изменения динамических характеристик исследуемых временных рядов макропоказателей.

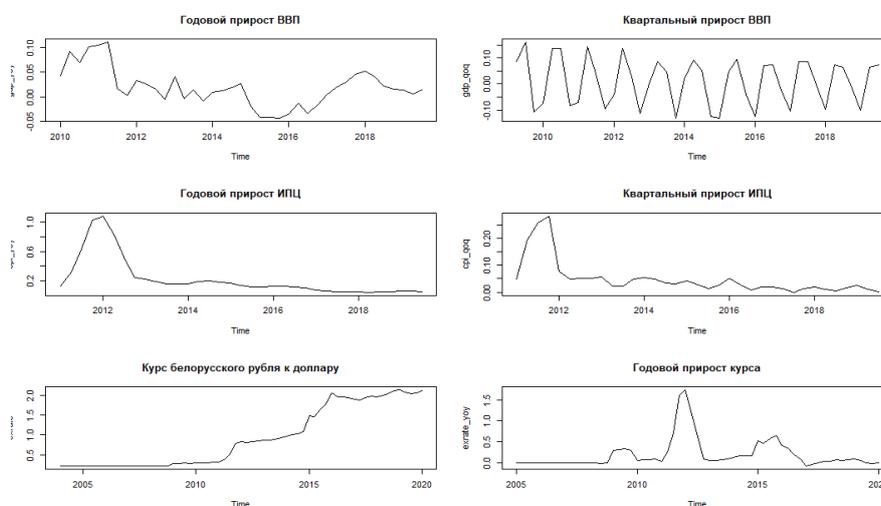


Рисунок 1. – Графическое представление динамики временных рядов макропоказателей ВВП, ИПЦ и курса белорусского рубля к доллару

Как видно из рисунка 1, квартальный прирост ВВП имеет выраженную сезонность. Динамика показателей годового и квартального приростов ИПЦ имеет убывающую тенденцию после 2012 года. Период до 2012 года исключим из рассмотрения, т.к. виден

сильный скачек в приросте показателя, что не характерно для общей динамики показателя и требует отдельного анализа. Годовой прирост курса белорусского рубля к доллару также имеет несколько выбросов, что может вызвать затруднения в построении модели.

Отличительной особенностью проводимого исследования является использование множественного корреляционно-регрессионного анализа. Поскольку показатели, отобранные в этой работе для построения моделей, в дальнейшем будут использоваться для построения модели анализа и прогнозирования вероятности дефолта экономических субъектов основе прогноза макропоказателей, определенный приоритет имеют ряды, которые в меньшей степени коррелируют друг с другом и в большей – с вероятностями дефолта. С целью отбора показателей рассчитаны коэффициенты корреляции между макропоказателями и вероятностями дефолта физических (Total RB) и юридических лиц (Total LE) (таблица 1). Расчет выполнен на основе квартальных данных о показателях ВВП (2011-2019гг.), индекса потребительских цен (2012-2019гг.), курса белорусского рубля к доллару (2004-2019 гг.), а также вероятностей дефолта портфеля юридических и физических лиц коммерческого банка.

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

Total LE – вероятность дефолта портфеля юридических лиц;

Total RB – вероятность дефолта портфеля физических лиц;

GDP уоу – годовой прирост ВВП;

GDP қоқ – квартальный прирост ВВП;

CPI уоу – годовой прирост ИПЦ;

CPI қоқ – квартальный прирост ИПЦ;

ExRate – среднеквартальный курс белорусского рубля к доллару;

ExRate уоу – годовой прирост курса белорусского рубля к доллару;

ExRate қоқ – квартальный прирост курса белорусского рубля к доллару.

Таблица 1. – Коэффициенты корреляции между макроэкономическими показателями и показателями уровня дефолта портфеля юр. и физ. лиц

	Total LE	Total RB	GDP уоу	GDP қоқ	CPI уоу	CPI қоқ	ExRate	ExRate уоу	ExRate қоқ
Total LE	1								
Total RB	0.67	1							
GDP уоу	-0.42	-0.68	1						
GDP қоқ	-0.22	0.16	0.04	1					
CPI уоу	0.62	0.73	-0.87	-0.21	1				
CPI қоқ	0.29	0.26	-0.49	-0.72	0.67	1			
ExRate	-0.72	-0.83	0.53	0.02	-0.72	-0.33	1		
ExRate уоу	0.49	0.65	-0.81	-0.14	0.83	0.59	-0.66	1	
ExRate қоқ	0.34	0.23	-0.34	-0.48	0.56	0.62	-0.51	0.59	1

Из таблицы 1 можно видеть, что показатели Total LE и Total RB имеют наиболее тесную связь с GDP уоу, CPI уоу и ExRate. Однако факторы GDP уоу и CPI уоу сильно связаны (коэффициент корреляции равен -0.87), поэтому в дальнейшем при построении моделей регрессии для Total LE и Total RB для исключения мультиколлинеарности эти факторы не могут быть учтены в моделях одновременно. В связи с этим для прогнозирования выбраны годовой прирост ВВП, квартальный прирост ИПЦ и фактическое среднее значение курса белорусского рубля к доллару за квартал.

В качестве метода прогнозирования выбран класс моделей ARIMA [7]. Класс моделей авторегрессионного и скользящего среднего хорошо работает со стационарными временными рядами. Модели ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_n можно передавать на вход нестационарной

ряд указывая параметры d (порядок интегрированности ряда) и D (порядок сезонных разностей). Рекомендуется не использовать модели с порядком $d > 2$. Если при $d > 2$ ряд является нестационарным, есть необходимость взятия сезонных разностей. Иногда взятия сезонных разностей достаточно, чтобы ряд стал стационарным.

Результаты. Перед построением моделей проведем предварительный эконометрический анализ временных рядов на основе визуализации динамики показателей и поведения их автокорреляционных (ACF) и частных автокорреляционных (PACF) функций.

Годовой прирост ВВП показывает изменение показателя в процентах за год относительно выбранного периода в процентах. Динамика временного ряда ВВП, а также автокорреляционная и частичная автокорреляционная функции представлены на рисунке 2.

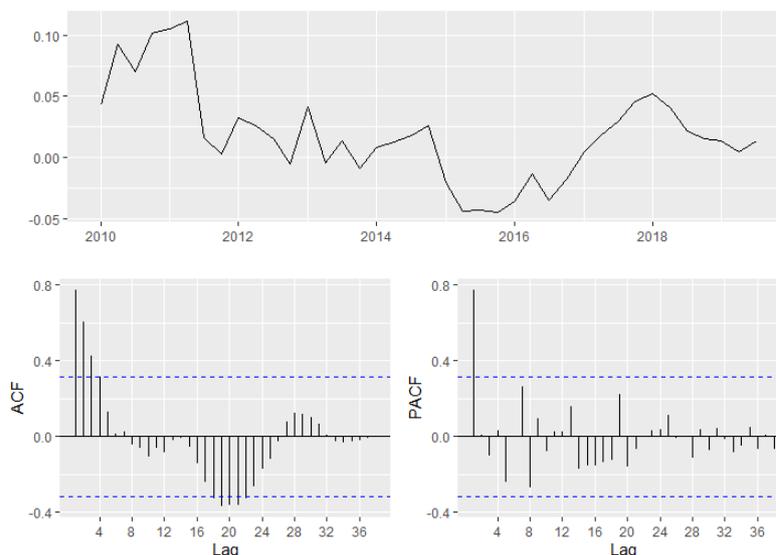


Рисунок 2. – Динамика временного ряда годового прироста ВВП и его автокорреляционные функции

На рисунке 2 можно заметить, что ряд приростов ВВП не является стационарным. Это также подтверждается статистическими тестами Дики-Фуллера (p -value = 0.58) и Квятковского – Филлипса – Шмидта – Шина (p -value = 0.084). Взятие первых разностей ряда приводит его к стационарному виду.

Стационарный временной ряд ВВП может подаваться на вход функции `arima()` в пакете R для построения модели. Лучшая модель для годового прироста ВВП – ARIMA(1,0,0)(0,1,1)₄.

Коэффициенты модели являются значимыми. Остатки модели распределены нормально и не автокоррелированы, о чем говорят тесты Шапиро-Уилка (0.44) и Бройша-Годфри (0.33). Таким образом, модель считается адекватной и может быть использована для прогнозирования. Уравнение модели принимает вид:

$$\text{GDP}_{\text{р}oy_t} = \frac{0.7916}{8.294 \cdot 10^{-12}} \cdot \text{GDP}_{\text{р}oy_{t-1}} + \text{GDP}_{\text{р}oy_{t-4}} - \frac{0.7916}{8.294 \cdot 10^{-12}} \cdot \text{GDP}_{\text{р}oy_{t-5}} + \varepsilon_t + \frac{0.8382}{0.007453} \varepsilon_{t-4}. \quad (1)$$

Под коэффициентами модели (1) указаны p -значения. Полученная модель говорит о зависимости текущего значения от предыдущих с лагом 1, 4 и 5.

Динамика квартального прироста индекса потребительских цен и функции ACF, PACF отражены на рисунке 3.

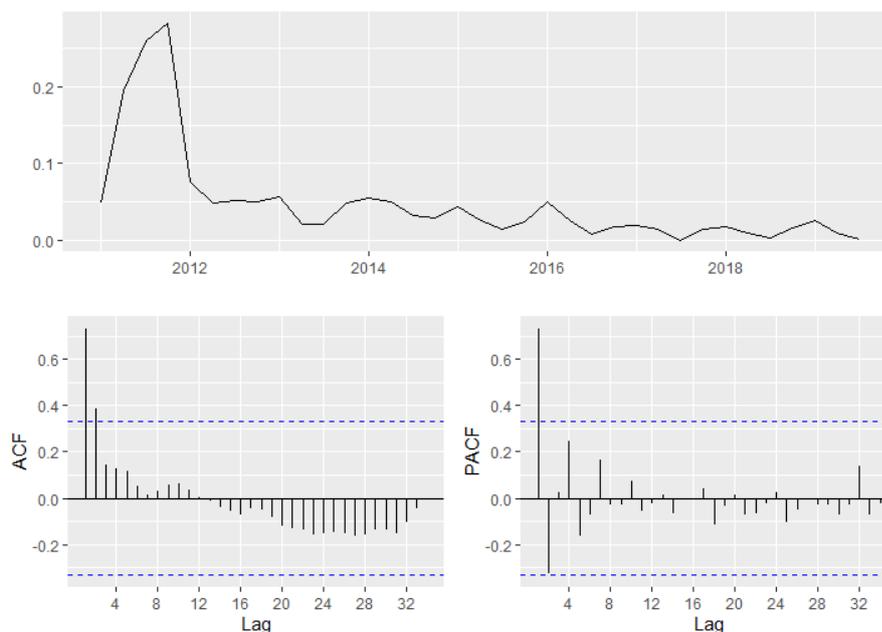


Рисунок 3. – Динамика временного ряда квартального прироста ИПЦ и его автокорреляционные функции

Временной ряд квартального прироста ИПЦ также не является стационарным. Для преобразования ряда к стационарному виду достаточно взятия первых разностей.

Лучшая модель для временного ряда ИПЦ – $ARIMA(1,1,1)(1,0,0)_4$.

Коэффициенты модели являются значимыми. Остатки модели распределены нормально и не автокоррелированы, о чем говорят тесты Шапиро-Уилка (0.52) и Бриша-Годфри (0.81). Таким образом, модель считается адекватной и может быть использована для прогнозирования. Запись модели в явном виде:

$$\begin{aligned}
 CPIqoq_t = & 1.5056CPIqoq_{t-1} - 0.5056CPIqoq_{t-2} - 0.8719CPIqoq_{t-4} + \\
 & + 0.8719CPIqoq_{t-5} - 0.4408CPIqoq_{t-6} + \varepsilon_t - 0.6257\varepsilon_{t-1}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

В формуле (2) под коэффициентами указаны их р-значения. Текущее значение прироста ИПЦ зависит от прошлых значений с лагами 1,2,4 и 5.

Динамика курса белорусского рубля к доллару представлена на рисунке 4.

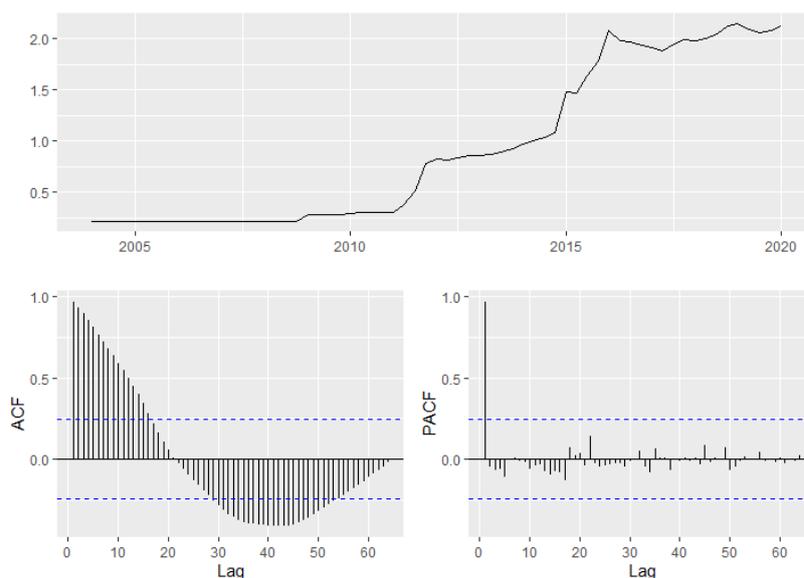


Рисунок 4. – Динамика временного ряда курса белорусского рубля к доллару и его автокорреляционные функции

Временной ряд имеет ярко выраженный тренд, а значит не может быть стационарным. Для преобразования его к стационарному виду необходимо взять первые разности. Функция пакета R Auto.arima() построила лучшую модель ARIMA(2,1,0)(0,1,1)₄.

Остатки модели стационарны и не имеют автокорреляции, однако тест показал, что нормальное распределение отсутствует. Уравнение модели принимает вид:

$$ExRate_t = 1.1577ExRate_{t-1} + 0.0804ExRate_{t-2} - \frac{0.2381}{0.06334}ExRate_{t-3} + ExRate_{t-4} - 1.1577ExRate_{t-5} - 0.0804ExRate_{t-6} + \frac{0.2381}{0.06334}ExRate_{t-7} + \varepsilon_t + \frac{0.9012}{8.663 \cdot 10^{-8}}\varepsilon_{t-4}. \quad (3)$$

Прогнозные значения макроэкономических показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Прогноз макропоказателей на четыре периода.

Показатель	Период	Точечный прогноз	Нижняя граница прогнозного интервала	Верхняя граница прогнозного интервала
ВВП	4Q2019	1.50%	-0.50%	3.49%
	1Q2020	2.26%	-0.28%	4.80%
	2Q2020	2.10%	-0.72%	4.93%
	3Q2020	1.25%	-1.74%	4.24%
ИПЦ	4Q2019	1.28%	0.42%	2.15%
	1Q2020	1.94%	0.91%	2.96%
	2Q2020	0.92%	-0.18%	2.02%
	3Q2020	0.52%	-0.62%	1.66%
Курс бел.руб. к доллару	4Q2019	2.101724	2.04405	2.15939
	1Q2020	2.126378	2.03816	2.21460
	2Q2020	2.165767	2.04539	2.28615
	3Q2020	2.224655	2.07645	2.37286

Фактические и смоделированные временные ряды макропоказателей представлены на рисунке 5.



Рисунок 5. – Динамика фактического и смоделированного ряда

Точечный прогноз показывает, что динамика показателей сохранится и на будущие четыре периода. Прирост индекса потребительских цен имеет убывающую тенденцию, а курс белорусского рубля к доллару – возрастающую. Прогнозный интервал отражает степень уверенности в прогнозе.

Отметим, однако, что выводы остаются верными при сохранении условий развития анализируемых процессов. Прогнозные значения макропоказателей, рассчитанные на основе построенных в данной статье моделей, в целом согласуются с прогнозными значениями, рассчитанными Исследовательским центром ИПМ [8].

Заключение. Построенные модели способны давать качественный краткосрочный прогноз макроэкономических показателей ВВП, ИПЦ, курса белорусского рубля к доллару. Они могут использоваться банками при анализе кредитного риска, оценке финансовой

стабильности, а также с целью применения их в дальнейшем для прогнозирования вероятности дефолта заемщиков коммерческого банка.

Список литературы

- [1]. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards. – Basel Committee on Banking Supervision, 2004.
- [2]. Тотьмянина, К.М. Обзор моделей вероятности дефолта / К.М. Тотьмянина // Управление финансовыми рисками. – 2011. – №1. – С.12–24
- [3]. Карминский А.М., Пересецкий А.А., Петров А.Е. Рейтинги в экономике: методология и практика / под ред. А.М. Карминского. М.: Финансы и статистика, 2005.
- [4]. Карминский, А.М. Моделирование вероятности дефолта российских банков: расширенные возможности / А.В. Костров, А.М. Карминский // Журнал новой экономической ассоциации. – 2013. – №1(17). – С.64-86
- [5]. Яблонский, О.Л. Применение математических моделей для стресс-тестирования кредитных рисков / А.Н. Бузулуцкая, О.Л. Яблонский // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13–14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 1 / редкол. : В.А. Богуш[и др.]. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 331-336.
- [6]. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/ssrd-mvf_2/natsionalnaya-stranitsa-svodnyh-dannyh/. – Дата доступа: 05.01.2020.
- [7]. Вох. G.E.P. Time Series Analysis: Forecasting and Control / G.M. Jenkins, G.C. Reinsel, G.E.P. Voh. – Prentice Hall, 1994. – 3rd edition. – 614p.
- [8]. Макроэкономический прогноз для Беларуси [Электронный ресурс] // <http://www.research.by/webroot/delivery/files/bro2020r1.pdf>. – Дата доступа: 15.02.2020

MODELING DYNAMICS OF MACROECONOMIC INDICATORS FOR FORECASTING THE PROBABILITY OF DEFAULT OF A COMMERCIAL BANK BORROWERS

H.I. Slauta,

*Master student of GrSU,
specialist PJSC “BNB-Bank”*

V.B. Tsekhan,

*PhD in Physico-mathematical
Sciences, Head of department of
Mathematical and information department.*

*Educational Institution “Yanka Kupala State University of Grodno”, Republic of Belarus
PJSC “BNB-Bank”, Republic of Belarus
E-mail: anya.slauta@mail.ru, tsekhan@grsu.by*

Abstract. Adequate econometric models have been built to predict macroeconomic indicators of GDP, the CPI, the Belarusian ruble against the dollar in order to use them in the future to predict the likelihood of default of economic entities. As a tool for analysis and forecasting, we used a software environment for performing statistical calculations of R.

Keywords: macroeconomic indicators, probability of default, borrowers, ARIMA, forecasting, R