

становятся все более сложными и разнообразными, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к защите. Эффективные методы защиты способны значительно снизить риски. В условиях постоянно развивающихся технологий и возрастающих киберугроз инвестиции в кибербезопасность становятся не только необходимостью, но и важным фактором обеспечения доверия клиентов и устойчивости бизнеса, а также создания безопасного финансового пространства в условиях цифровой экономики.

Источники

1. Где хакеры находят уязвимости у компаний и как противостоять кибератакам // ibMedia.by. — URL: <https://ibmedia.by/news/gde-hakery-nahodyat-uyazvosti-u-kompanij-i-kak-protivostoyat-kiberatakam/> (дата обращения: 20.11.2024).
2. Калмыкова, Е.Ю. Влияние информационных технологий на финансовый рынок / Е.Ю. Калмыкова, А.В. Рябова // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине : сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., Томск, 23–26 мая 2016 г. : в 2 ч. / Том. политехн. ун-т. — Томск, 2016. — Ч. 2. — С. 235–243.
3. Легчекова, Е.В. Метод расчета риска информационной безопасности / Е.В. Легчекова, О.В. Титов // Проблемы и перспективы электронного бизнеса : сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 9–10 нояб. 2017 г. / Белкоопсоюз, Белорус. торг.-экон. ун-т потреб. кооперации ; под науч. ред. А.Н. Семенюты. — Гомель, 2017. — С. 87–89.
4. Что такое киберпреступность? Защита от киберпреступности // Kaspersky. — URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/threats/what-is-cybercrime> (дата обращения: 19.11.2024).

СНИЛ «Экономическая кибернетика»

Н.О. Скальская, М.А. Первушина, В.В. Юхневич

Научный руководитель — кандидат физико-математических наук Л.Ф. Дежурко

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ В ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЦЕНАРНЫХ РАСЧЕТАХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В статье представлены результаты анализа экономического роста Республики Беларусь с применением макроэкономической производственной функции Кобба-Дугласа в двух модификациях: логарифмической и в темпах роста. Эконометрический анализ моделей демонстрирует, что вклад валового накопления капитала является более существенным для экономического роста Республики Беларусь, чем вклад труда. Также построен ретроспективный прогноз ВВП Республики Беларусь на 2023 г. на основе построенных моделей.

Одной из важнейших долгосрочных целей экономической политики правительства любой страны является стимулирование экономического роста, поддержание его темпов на стабильном и оптимальном уровне. В основе анализа экономического роста лежит схема вовлечения в экономический процесс следующих основных факторов: труда, капитала, природных ресурсов, интеллекта и технологий.

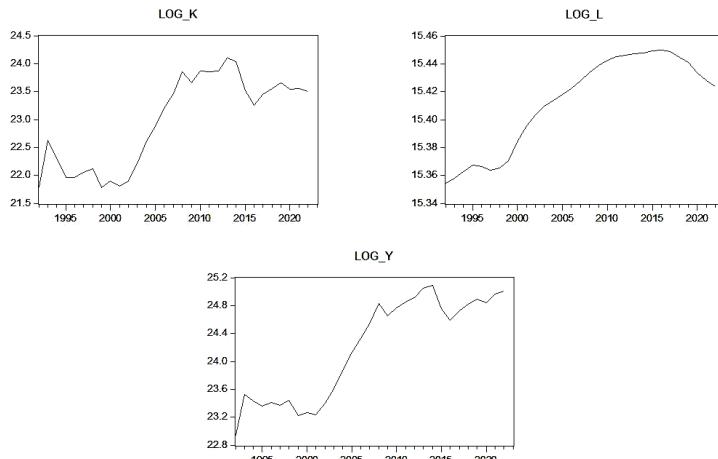
Для оценки факторов, влияющих на экономический рост, используется аппарат производственных функций в сочетании с другими методами статистики и эконометрики. Макроэкономическая производственная функция описывает статистически значимую зависимость между совокупным конечным результатом и различными видами затрат или объемами используемых ресурсов.

Для Республики Беларусь построим макроэкономическую производственную функцию Кобба-Дугласа. Информационной базой для построения моделей послужили статистические данные за 1992–2022 гг. из OECD Statistics [1–3].

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha} \cdot e^{\varepsilon}, \quad (1)$$

где Y — объем ВВП; K — валовое накопление основного капитала; L — количество экономически активного населения; A (остаток Солоу) — это часть роста производства в экономике, которую нельзя отнести к накоплению капитала и труда, факторов производства. Остаток Солоу (совокупная факторная производительность) часто описывается как мера роста производительности за счет технологических инноваций [4].

Перед построением модели производственной функции в прикладной программе Eviews проведем визуальный анализ поведения временных рядов (см. рисунок) [5].



Графики поведения логарифмированных рядов

Заметим, что все три ряда содержат возрастающую тенденцию — линейную или параболическую, значит, они являются нестационарными.

Построение логарифмической макроэкономической производственной функции Кобба-Дугласа. Воспользуемся результатами ADF-теста для наших данных и построим стационарный прототип логарифмической модели (2) на основе первых и вторых разностей [6]. Данный прототип будет описывать экономическую зависимость темпов роста ВВП от темпов роста фактора труда и капитала.

$$\Delta \ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta \ln K_t + \beta_2 \cdot \Delta^2 \ln L_t + \varepsilon_t, \quad (2)$$

где t — фактор времени; ε_t — случайные остатки.

После оценки параметров и некоторых преобразований логарифмическую модель (2) можно представить следующим образом:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = 1,033 \left(\frac{K_t}{K_{t-1}} \right)^{0,59} \left(\frac{L_t \cdot L_{t-2}}{L_{t-1}^2} \right)^{-1,34}. \quad (3)$$

В модели (3) значимым является только фактор валового накопления, на уровне значимости 1 %. Из этого следует, что мы не можем давать какую-либо характеристику эластичности темпа ВВП Y по динамике темпа роста экономически активного населения L . Темп роста ВВП неэластичен по темпу роста валового накопления K , так как параметр $\beta_1 = 0,59 < 1$. Таким образом, при приращении темпа роста капитала на 1 % приращение темпа роста ВВП произойдет в среднем на 0,59 %. Для модели (3) выполняются предпосылки метода наименьших квадратов.

Попробуем видоизменить логарифмическую модель для получения значимого фактора труда. Логично выдвинуть предположение о наличии постоянной отдачи масштаба. Постоянная отдача от масштаба означает, что общий продукт изменяется пропорционально увеличению всех вводимых ресурсов, т.е. $\beta_1 + \beta_2 = 1$.

Получаем подтверждение нулевой гипотезы о постоянной отдаче от масштаба с помощью теста Вальда ($p = 0,6847 > 0,1$).

Построенная модель с линейным ограничением на коэффициенты $\beta_1 + \beta_2 = 1$ будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{Y_t / Y_{t-1}}{L_t / L_{t-1}} = 1,033 \left(\frac{K_t / K_{t-1}}{L_t / L_{t-1}} \right)^{0,61}. \quad (4)$$

В данной модели значимым является фактор технологической вооруженности работника на уровне 1 %.

Модель (4) демонстрирует зависимость увеличения прироста годовой производительности человека от увеличения прироста его вооруженности капиталом. Производительность работника в экономике по сравнению с пре-

дыущим годом увеличится среднем на 0,61 % при увеличении технологической вооруженности работника на 1 % по сравнению с предыдущим годом. С точки зрения использованных статистических критерии модель (4) является адекватной и выполняет предпосылки МНК.

Построение макроэкономической производственной функции Кобба-Дугласа в темпах роста. Временные ряды, на которых строятся модели (3) и (4), являются стационарными, поэтому модель (4) можно использовать для прогнозирования.

Рассмотрим еще один вариант коррекции нестационарности временных рядов. Перейдем к модели, выраженной в темпах роста исходных показателей [7]:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{K_t}{K_{t-1}} + \beta_2 \cdot \frac{L_t}{L_{t-1}} + \varepsilon_t. \quad (5)$$

Как и в логарифмической модели, проверим гипотезу о постоянной отдаче от масштаба, т.е. значимость линейного ограничения $\beta_1 + \beta_2 = 1$. Получаем подтверждение нулевой гипотезы о постоянной отдаче от масштаба с помощью теста Вальда ($p = 0,6728 > 0,1$).

Оценим коэффициенты модели (5), модель в темпах роста с постоянной отдачей от масштаба будет иметь вид:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = 0,03 + 0,58 \cdot \frac{K_t}{K_{t-1}} + 0,32 \cdot \frac{L_t}{L_{t-1}}. \quad (6)$$

Свободный коэффициент 0,03 значим на уровне значимости 2 %, факторы модели статистически значимы на уровне 1 %. Коэффициент детерминации описывает 92 % вариации результирующего показателя и также является статистически значимым.

Приращение темпа роста капитала на 1 % вызовет приращение темпа роста ВВП в среднем на 0,58 %. При увеличении темпа роста труда на 1 % темп роста ВВП вырастет в среднем на 0,32 %.

Построение ретроспективного прогноза ВВП Беларуси на 2023 г. Сравним точность ретроспективного прогноза для двух моделей на 2023 г. Известно, что в 2023 г. численность экономически активного населения составила 4 956 149 чел., а валовое накопление основного капитала оценивается в 17,311 млрд долл. США.

Средняя ошибка аппроксимации модели (6) равна 4,54 %, что говорит о ее хороших прогнозных свойствах. С учетом величин экзогенных переменных ретроспективный 95%-ный интервальный прогноз ВВП Беларуси в 2023 г. находится в промежутке между 69,81 млрд и 86,51 млрд долл. США. ВВП Республики Беларусь в 2023 г. составил 71,86 млрд долл. США.

Модель (4) со средней ошибкой аппроксимации на уровне 4,41 % предполагает прогнозный интервал ВВП в 2023 г. от 69,95 млрд до 87,97 млрд долл. США.

Оценим ошибку точечного прогноза по каждой модели на основе следующей формулы:

$$E = \frac{Y - \hat{Y}}{Y} \cdot 100 \%. \quad (7)$$

где Y — фактическое значение ВВП; \hat{Y} — прогнозное значение ВВП.

Для логарифмической модели $E = 9,58 \%$, а для модели в темпах роста $E = 8,77 \%$. Значения ошибок меньше 10 %, что говорит об удовлетворительных прогнозных свойствах моделей.

По результатам расчетов можно сделать вывод, что вклад валового накопления капитала является более существенным для экономического роста Республики Беларусь, чем вклад труда. Это говорит о том, что страна активно инвестирует в основной капитал, такой как новые технологии, оборудование и инфраструктура, что способствует повышению производительности и эффективности работы. Несмотря на возможные ограничения в использовании трудовых ресурсов, Республика Беларусь достигает стабильного экономического роста благодаря активным инвестициям в накопление капитала.

Источники

1. Labor force, total — Belarus // World Bank. — URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.TOTL.IN?locations=BY> (date of access: 19.05.2024).
2. GDP (current US\$) — Belarus // World Bank. — URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BY> (date of access: 19.05.2024).
3. Gross capital formation (current US\$) — Belarus // World Bank. — URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.TOTL.CD?locations=BY> (date of access: 19.05.2024).
4. Степанов, В.И. Экономико-математическое моделирование : учеб. пособие / В.И. Степанов. — М. : Академия, 2008. — 272 с.
5. Величко, А.С. Эконометрика в Eviews : учеб.-метод. пособие / А.С. Величко. — Саратов : Вузовское образование, 2016. — 66 с.
6. Эконометрика и экономико-математические методы и модели : учеб. пособие для вузов / Г.О. Читая [и др.] ; под ред. Г.О. Читая, С.Ф. Миксюк. — Минск : БГЭУ, 2018. — 510 с.
7. Афанасьев, В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование : учеб. пособие / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. — М. : Финансы и статистика : ИНФРА-М, 2015. — 320 с.