

гает гипотезу о структурной стабильности ряда, с помощью процедуры «multiple breakpoint tests» установлена точка структурного изменения – $t^* = 2006$ год. Построим кусочно-линейную модель ряда, используя фиктивную переменную z_t , равную 1 при $t < t^*$ и 0 при $t \geq t^*$:

$$x_t = 9.7537 + 0.5773 z_t - 0.0124 t - 0.0289 z_t t + e_t. \quad (1)$$

(t) (235,38) (12,69) (-6,87) (-10,14)

Доказано, что остатки e_t соответствуют гауссовскому «белому шуму».

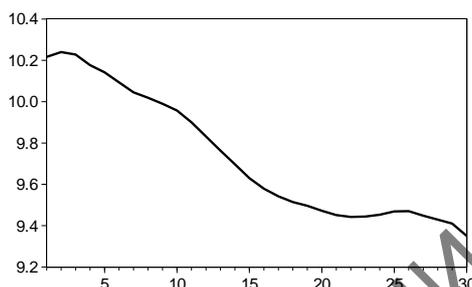


Рисунок 1 – Динамика численности населения РБ в млн человек

Анализируя статистическую значимость коэффициентов модели (1) при z_t и $z_t t$ приходим к заключению, что в момент времени t^* , соответствующий 2006 году, произошло как изменение начального уровня ряда численности населения, так и среднего абсолютного убывания за год. Темп убывания численности населения существенно замедлился: до 2006 года население убывало за год на 41 300 человек, с 2006 года среднее убывание составляет 12 400 человек в год.

Литература

1 Хацкевич, Г. А. Эконометрика : учебник / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. – Минск : РИВШ, 2021. – 452 с.

Е. В. Гаврилькова
(ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель)

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ

Целью работы является исследование взаимосвязи динамики ежедневных курсов валют на финансовом рынке. Базой исследования

послужили ежедневные курсы валют RUB, CAD, GBP, EUR, CNY по отношению к USD за период с 01.01.2014 по 30.11.2022 [1].

Визуализация курсов и анализ осуществлялись с помощью языка программирования Python. В работе были использованы библиотеки pandas, matplotlib, numpy, math, seaborn языка Python [2]. Были построены графики курсов валют и их логарифмических темпов роста, определены числовые характеристики рассматриваемых временных рядов, корреляция курсов и логарифмических темпов роста, а также построена тепловая карта корреляции.

На рисунке 1 представлена тепловая карта корреляции курсов RUB, CAD, GBP, EUR, CNY по отношению к USD.

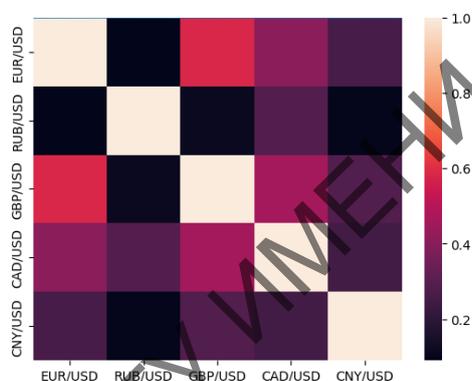


Рисунок 1 – Тепловая карта корреляции логарифмических темпов роста курсов RUB, CAD, GBP, EUR, CNY по отношению к USD

Рассматриваемые курсы валют характеризуется ростом и падением цены, что характерно для нестационарных временных рядов. За период с 2014 по 2022 года сильное колебание цен наблюдались в 2014, 2019 и 2022 годах. Переход к логарифмическим темпам роста позволил избавиться от нестационарности. Логарифмические темпы роста курсов валют коррелируют между собой, и по шкале Чеддака можно говорить о прямой слабой и прямой умеренной зависимостях [3]. Наиболее сильная значимая связь наблюдалась между логарифмическими темпами роста курсов GBP/USD и EUR/USD (0,58).

Литература

1 Investing.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.investing.com/currencies/single-currency-crosses>. – Дата доступа: 01.12.2022.

2 Кольцов, Д. М. Python. Полное руководство / Д. М. Кольцов. – СПб. : Издательство наука и техника, 2022. – 480 с.

3 Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

Д. С. Гапонов

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

СЕТИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПОВТОРНЫМИ ВЫЗОВАМИ В АСИМПТОТИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ БОЛЬШОГО ЧИСЛА ЗАЯВОК

Системы массового обслуживания (СМО) с повторными вызовами характеризуются следующим основным предположением: заявка, которая не может быть обслужена из-за конечной пропускной способности системы, отказов, нетерпеливости или других причин, покидает зону обслуживания, переходя в виртуальный зал ожидания – орбиту, однако через некоторое случайное время заявка снова возвращается в систему, чтобы запросить обслуживание еще раз. СМО с повторными вызовами находят широкое применение для стохастического моделирования многих проблем, возникающих в телекоммуникационных и компьютерных сетях, телефонии и других областях.

Данная работа посвящена исследованию замкнутой марковской сети массового обслуживания (СМО), системы которой представляют собой СМО с повторными вызовами. Каждая система имеет определенный набор линий обслуживания, осуществляющих обработку заявок по экспоненциальному закону, буфер для ожидания отсутствует, заявки, получившие отказ, перемещаются на орбиту, с которой через экспоненциально распределенное время пытаются осуществить повторное обращение в СМО. Состояния сети в фиксированный момент времени t определяется случайным вектором:

$$(k_1(t), o_1(t); k_2(t), o_2(t); \dots; k_n(t), o_n(t)), \quad (1)$$

где $k_i(t)$ – число заявок на обслуживании, $o_i(t)$ – число заявок на орбите i -й СМО, $i = \overline{1, n}$. Законы распределения, параметры обслуживания и перемещения заявок в сети выбраны так, что (1) – это марковский случайный процесс с непрерывным временем и конечным числом