

2. Gebhard Kirchgässner, Jürgen Wolters, Introduction to Modern Time Series Analysis // Springer. – Berlin, 2007. – 274 p.

3. Вараксин С.В., Вараксина Н.В. Моделирование демографических показателей Алтайского края методом нечеткой линейной регрессии // Сборник трудов Всероссийской конференции по математике «МАК-2017», Барнаул, 29 июня – 2 июля 2017 г. : / АлтГУ [и др.] ; [гл. ред. Н. М. Оскорбин]. – Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2017.

## УДК 51-74

### Анализ предположений о стационарности некоторых временных рядов

*М.С. Вершинина*

*ЦУКС ГУ МЧС России по ХМАО-Югре, г. Ханты-Мансийск*

Временные ряды описывают чрезвычайно широкий круг явлений, например, метеорологические условия, характеристики состояния здоровья человека или макроэкономические показатели. Все статистические данные подобного рода изменяются во времени.

Типичные физические эксперименты являются стационарными рядами, их вероятностные свойства (функции математического ожидания и дисперсии) с течением времени остаются постоянными. Что касается финансовых временных рядов, то они являются варьирующими, нестационарными, их характеристики меняются во времени. В общем случае значения функций математического ожидания, дисперсии и корреляции могут быть зависимыми от момента времени  $t$ . Как правило, выделяются различные группы рядов по особенностям их нестационарности. Использование в регрессионной модели нестационарных временных рядов может привести к фиктивным результатам.

Для определения класса временного ряда существуют различные методы тестирования стационарности. Однако все тесты обладают некоторыми недостатками или ограничениями, ни один из них не является однозначным и самодостаточным. Принято использовать последовательно несколько тестов для достоверности результатов при анализе рядов на принадлежность их к классу стационарных или нестационарных. Обычно предлагаются подходы

- **визуальной оценки стационарности**: если имеется массив конкретных данных, но нет модели временных рядов, нужно построить и осмотреть график временного ряда. В предположении, что график исходного массива данных выглядит стационарным, проверить коррело-

грамму. Построить графики функции автокорреляции (АКФ) и частичной автокорреляционной функции (ЧАКФ);

- **статистической оценки стационарности:** в программном пакете финансовых вычислений Econometrics Toolbox™ от Matlab реализовано четыре официальных метода тестирования на стационарность: ADF-тест (расширенный тест Дики-Фуллера), PP-тест (тест Филлипса-Перрона), KPSS-тест (тест Квятковского-Филлипса-Шмидта-Шина), Variance ratio-тест (процедура Кохрейна, отношение дисперсий).

В качестве объекта применения тестов используем временной ряд 1 – данные о количестве дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре за 2016 год. Этот массив данных представляет для нас интерес в силу ряда причин. Во-первых, применение современных методов анализа для подобных данных практически не применяется из-за отсутствия актуальной статистики. Во-вторых, в дальнейшем предполагается составление краткосрочного и среднесрочного прогноза развития количества ДТП в ХМАО-Югре. Особенно актуальным это является для проведения работ по профилактике и обеспечения готовности подразделений, осуществляющих ликвидацию последствий дорожно-транспортных происшествий (ГИБДД, оперативные бригады медицинских учреждений, силы и средства МЧС России, аварийно-спасательные формирования субъектов и муниципальных образований). К данным применим подходы визуальной и статистической оценки стационарности.

#### **Визуальная оценка стационарности**

Если на графике коррелограммы заметно убывание линейных сегментов по наклонной вниз, это указывает на процесс единичного корня. Если длины линейных сегментов на участке АКФ медленно убывают по угасающей экспоненте (синусоиде), значит временной ряд нестационарный.

На рисунке 1 представленный график данных о ДТП выглядит стационарным, АКФ быстро убывает после нескольких первых значений, но линейные сегменты имеют повторяемость. ЧАКФ также после нескольких первых значений быстро убывает с последующей повторяемостью. Графический анализ показывает стационарность исследуемого временного ряда 1.

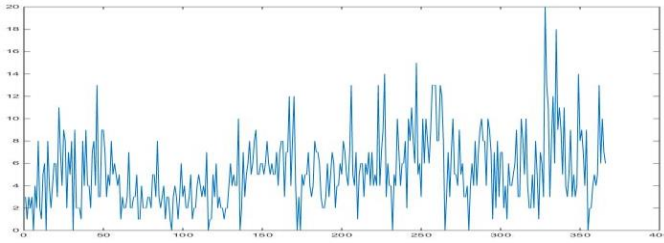


Рисунок 1 – График временного ряда 1

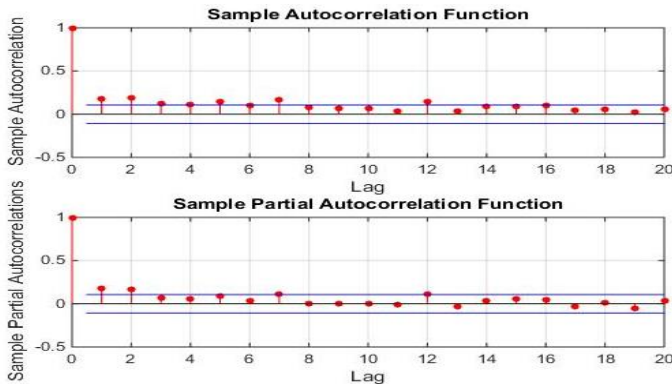


Рисунок 2 – Графики АКФ и ЧАКФ временного ряда 1

**Статистическая оценка стационарности.** В системе MatLab проведем 4 тестирования на стационарность ряда 1.

**1. ADF-тест** проверяет нулевую гипотезу о том, что процесс интегрирован в первой степени  $I(1): H_0 = Y_t \approx I(1)$ , относительно альтернативной гипотезы о том, что процесс не интегрирован,  $I(0)$ . В ADF-тесте проверяется отсутствие интеграции процесса, т.е. степень  $h=0(Y_t \approx I(0))$ , а несущественность этого параметра означает первую степень интеграции, т.е.  $h=1(Y_t \approx I(1))$ .

**2. Тест KPSS** проверяет нулевую гипотезу  $H_0 = Y_t \approx I(0)$ , т.е.  $d=0$ . Это означает стационарность процесса  $I(0)$  при альтернативной гипотезе  $H_1 = Y_t \approx I(1)$ , т.е.  $d=1$ , свидетельствующей о наличии интеграции первой степени.

**3. Тест PP** проверяет нулевую гипотезу о нестационарности процесса  $H_0 = Y_t \approx I(1)$  при альтернативной гипотезе  $H_1 = Y_t \approx I(0)$  о том, что процесс стационарен.

**4. Тест VR, Процедура Кохрейна** основывается на изучении характера поведения отношения дисперсий  $VR_k = \frac{V_k}{V_1}$ , где

$V_k = \frac{1}{k} D(x_t - x_{t-k})$ . Если  $x_t$  – случайное блуждание, то  $VR_k = 1$ , а если  $x_t$  – стационарный процесс, то  $VR_k \rightarrow 0$ ,  $k \rightarrow \infty$ .

В таблице представлены результаты тестов, полученные в системе MatLab:

ADF	H=1	Результат указывает на отказ от процесса единичного корня в пользу альтернативной модели. Отвержение нулевой гипотезы говорит об отсутствии необходимости брать разности для приведения ряда к стационарному виду.
KPSS	H=0	Результат указывает на отказ от процесса единичного корня в пользу альтернативной модели.
PP	H=1	Результат указывает на отказ от процесса единичного корня в пользу альтернативной модели.
VR	H=0	Результат указывает на то, что ряд стационарный и не является процессом случайного блуждания.

Каждый из проведенных тестов подтверждает гипотезу стационарности. Результаты тестов подтверждают решение об отсутствии оснований для принятия нулевой гипотезы, т.е. временной ряд 1 характеризуется стационарностью типа  $I(1)$ .

**Выводы.** В данной работе применено два подхода для оценки стационарности временного ряда – визуальный и статистический. Оба показали стационарность исследуемого ряда 1. Полученные результаты анализа статистических данных по ДТП в ХМАО-Югре за 2016 год возможно использовать для разработки организационно-планирующих документов, разрабатываемых на уровне субъектов (планов прикрытия автомобильных дорог, программ строительства и реконструкций автомобильных дорог), а также для обеспечения в полной мере деятельности комиссии по безопасности дорожного движения.

### Библиографический список

1. Econometrics Toolbox™ R2017b User's Guide.

2. Иткина А.Я. Методические указания для практических занятий «Анализ временных рядов» / РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина. – 2012. – 56 с.
3. Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – 406 с.
4. Экспериментальное исследование состоятельности оценок периодической составляющей М.С. Вершинина // МАК : «Математики – Алтайскому краю» : сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2017. – 361 с.

### УДК 911.3

## **К вопросу об исследовании производственной деятельности в хозяйствах населения Республики Бурятия**

*О.А. Екимовская*

*Байкальский институт природопользования СО РАН,  
г. Улан-Удэ*

Отечественные исследования значения личных подсобных хозяйств для экономики страны и жизнедеятельности сельской семьи активно развиваются с 1970-х гг., когда частное сельскохозяйственное производство в рамках домашнего хозяйства было официально «реабилитировано» [1–3]. Большинство современных работ отличается отраслевым подходом, анализирует социальные и экономические стороны производственного процесса, рассматривают условия формирования и дифференциации доходов, содержание и характер труда [4–6]. В меньшей степени распространены специальные математические и экономико-географические методы исследования, комплексно освещающие проблемы территориальной организации хозяйств населения, участие граждан в земельной реформе, товарность продукции, специализацию и значение отдельных отраслей в формировании домашнего бюджета.

В Республике Бурятия основными производителями сельскохозяйственной продукции являются хозяйства населения. Занимая всего 11% сельскохозяйственной площади республики, они производят 89,6% молока, 86,1% картофеля, 75,8% овощей и 57,3% мяса. Для большинства домохозяйств подсобное хозяйство является вынужденной стратегией выживания, производимая продукция идёт на нужды семьи. Денежные поступления, получаемые от продажи выращенной продукции, носят нерегулярный, сезонный характер. В то же время хозяйства, расположенные в районах первого порядка по отношению к