

згідно з поточними результатами навчальної діяльності учня.

Найбільш поширеними навігаційними помилками, які можуть зустрічатися в навігації будь-якої ІНАГС, є «глухий кут» – стан ІНАГС, коли всі зв'язки приховані й учень не може піти далі після досягнення вузла з навігаційним правилом та «петля» – стан ІНАГС, коли учень досягає вузла, у якому він вже був. Поява глухого кута змушує припинити рух досягнення наступних вузлів у гіперпросторі. Використання петлі може бути ефективно, наприклад, коли зв'язок необхідний для повернення до головної сторінки. Проблеми з петлями виникають лише в тому випадку, коли вони є незапланованими.

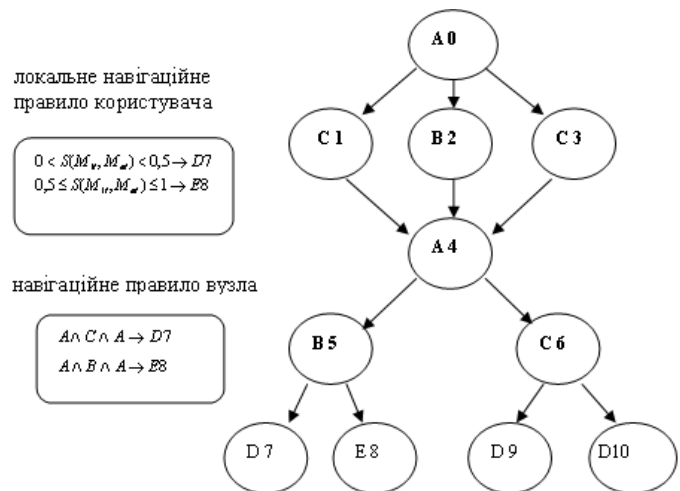


Рис. 3. Приклад навігаційних правил

**Список літератури:** 1.Булкин В.И. Компараторная идентификация знаний в биологических и искусственных интеллектуальных информационных системах // Вестник ХГТУ. – №1(14): Сб. науч. тр. – Херсон: ХГТУ, 2002. – С. 272 – 276: ил. 10. – табл. 1. – Библиогр.: 3 назв. 2.Булкин В.И. О представлении знаний в интеллектуальных информационных системах // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии».– Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005.– №41.– С. 93–100.3.Булкин В.И. О представлении знаний в интеллектуальных информационных системах с использованием метода раздельной многослойной декомпозиции бинарных предикатов // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии».– Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005.– №54.– С. 94–99.

Поступила в редколлегию 15.05.2012.

УДК 338.4:519.2

**С. Е. ГАРДЕР**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», Харьков,  
**Е. В. ГОЛОВАЧ**, студ., НТУ «ХПИ», Харьков

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

В статті пропонуються математичні методи для побудовання моделі залежності взаємопов'язаних часовими рядів та визначення причинно-наслідкових залежностей.

В статье предлагаются математические методы для построения модели зависимости взаимосвязанных временных рядов и определение причинно-следственных зависимостей.

In the article mathematical methods to model dependence of interrelated time series and determine the cause and effect.

**Введение и постановка задачи.** При изучении экономических явлений наибольший интерес представляет взаимосвязь экономических величин. Использование традиционных корреляционных методов может привести к

ложной корреляции из-за наличия тенденций в обоих рядах. Для решения этой проблемы необходимо исключить тренд, учитывая вид нестационарности.

При построении математической модели текущее значение одной величины будет зависеть не только от ее предыдущих значений, но и от текущих и предыдущих значений другой величины. Такую модель принято называть авторегрессионной моделью с распределенным лагом.

Целью является рассмотрение наиболее подходящих методов исследования и построения модели взаимосвязанных рядов для индекса инфляции и безработицы.

В статье рассмотрены следующие методы:

1. Критерий серий
2. Метод последовательных разностей
3. Тест Дики-Фуллера
4. Авторегрессионной модели с распределенным лагом
5. Тест по Гренджеру

**Методы исследования.** Первым этапом исследования заключается в выявлении структуры исходных временных рядов. Каждое значение временного ряда интерпретируется как наблюдение некоторой случайной величины. Значения временного ряда можно представить в виде суммы неслучайной и случайной составляющей. Чтобы проверить наличие неслучайной составляющей динамического ряда использовался критерий серий, основанный на медиане. Этот метод заключается в построении последовательности, которая формируется по следующим правилам: на  $i$ -месте ( $i=1,2,\dots,n$ ) ставится «+», если  $i$  наблюдение в исходном ряде превышает медиану, «-», если меньше. Таким образом, получили последовательность из плюсов и минусов. Подсчитали протяженность самой длинной  $\tau(n)$  и общее количество серий  $\nu(n)$ . Проверка гипотезы сводится к проверке следующего неравенства

$$\begin{aligned} \nu(n) &> \frac{1}{2}[(n+2) - 1.96\sqrt{n-1}] \\ \tau(n) &< [1.43 \ln(n+1)] \end{aligned} \quad , \quad (1)$$

Если хотя бы одно из условий не выполняется, то неслучайная составляющая отсутствует. Этот метода позволяет уловить наличие трендовой составляющей. На основе критерия было определено, что неслучайная составляющая присутствует в обоих рядах.

С помощью критерия было установлено, что в рядах индекса инфляции и безработицы имеется в наличие трендовая составляющая.

Перед использованием данных в регрессионном анализе, воспользовались методом для тестирования стационарности. Разные типы нестационарных рядов могут быть приведены к стационарности с помощью метода последовательных разностей. Это ряды с детерминированным трендом (TS) и ряды, которые имеют стохастический тренд (DS). Принципиальная разница между рядами выражается в том, что TS ряд можно привести к стационарному виду с помощью выделения тренда, тогда как DS останется нестационарным. Поэтому для различия типов нестационарности применялся тест Дики-Фуллера.

При помощи этого теста проверяют значение коэффициента  $\alpha$  в авторегрессионном уравнении первого порядка AR(1) вида  $X_t = \alpha X_{t-1} + \varepsilon_t$ . Уравнение AR(1) можно переписать в виде:  $\Delta X_t = \beta X_{t-1} + \varepsilon_t$ , где  $\beta = \alpha - 1$ . Проверка гипотезы о единичном корне означает проверку о равенстве нулю коэффициента  $\beta$ . Если  $\beta = 0$  то ряд не стационарен, что будет означать принадлежность ряда к типу DS.

Статистика критерия имеет следующий вид

$$t = \frac{\bar{\beta} - 1}{s(\bar{\beta})} \quad (2)$$

где  $\bar{\beta}$  - оценка параметра  $\beta$  по методу наименьших квадратов;  
 $s(\bar{\beta})$  - оценка стандарта ошибки  $\bar{\beta}$ .

Критические значения берутся из специальной таблицы Дики-Фуллера. Если значение статистики лежит левее критического значения, то гипотеза о единичном корне отклоняется и процесс признается стационарным.

В результате было получено, что ряды индексов инфляции и безработицы являются типа TS. На рисунке представлены стационарные ряды (очищенные от тренда).

Целью является построение математической модели зависимости между рядами, которая позволит с наименьшей ошибкой восстановить и прогнозировать значения  $y(t)$ .

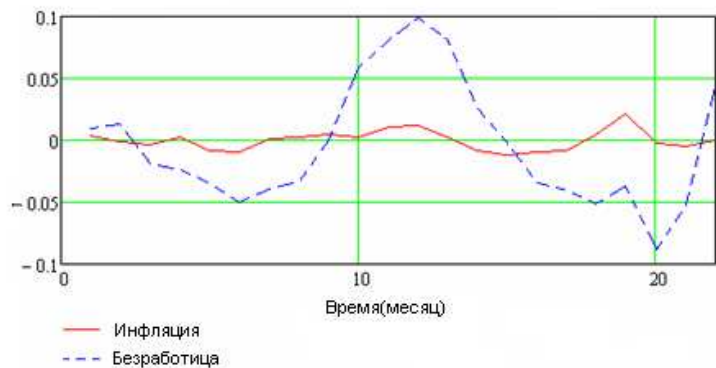


Рис. Стационарные ряды

Текущее значение экономической величины будет зависеть не только от ее предыдущих значений, но и от текущих и предыдущих значений других экономических показателей. Такие модели называются авторегрессионными моделями с распределенным лагом (ADL-модели). Общий вид модели

$$Y(t) = \theta + \sum_{k=0}^T \alpha_k Y(t-k) + \sum_{k=0}^T \beta_k X(t-k) + \varepsilon(t) \quad (3)$$

где  $k$  – длина лага;  $\varepsilon_t$  – остатки.

Определение числа лагов для переменных, которые входят в модель, сопровождается построением ряда моделей и выбора наилучшей.

Исходя из того, что оба нестационарных ряда являются рядами типа TS, в правую часть модели ADL добавляется дополнительная пояснительная переменная – тренд. Тогда авторегрессионная модель с распределенным лагом получит вид:

$$Y(t) = \theta_1 + \sum_{k=0}^T \alpha_k Y(t-k) + \sum_{k=0}^T \beta_k X(t-k) + \theta_2 \cdot t + \theta_3 \cdot t^2 + \varepsilon(t) \quad (4)$$

Коэффициенты модели были оценены с помощью метода наименьших квадратов.

Для выбора наиболее подходящей модели были построены авторегрессионные модели с распределенным лагом типа ADL(3, 3), ADL(3, 4). Коэффициент детерминации и значение стандартной ошибки позволяет определить наилучшую модель.

С помощью этих показателей, было определено, что авторегрессионная модель типа ADL(3,4) описывает зависимость лучше, чем модель ADL(3,3). Поэтому для дальнейших исследований используется авторегрессионная модель с распределенным лагом типа ADL(3,4).

При анализе временных рядов необходимо знать, предшествует ряд  $x(t)$  ряду  $y(t)$ , или  $y(t)$  предшествует  $x(t)$ . Если  $x(t)$  - причина по Гренджеру для  $y(t)$ , то это означает, что между этими процессами есть причинно- следственная связь.

Гренджер предложил построить регрессию процесса  $y(t)$ :  $y(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i x_{t-i}$ . А

после этого проверить гипотезу о равенстве нулю группы коэффициентов:  $H_0: \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$

$H_1: \beta_1^2 + \dots + \beta_k^2 > 0$ . Это обычный F-тест. Если нулевая гипотеза отклоняется, то  $x(t)$

является причиной по Гренджеру для  $y(t)$ .

Для этого были построены модели авторегрессии типа ADL(3, 4) (4), где  $x(t)$  примет значения ряда безработицы, а  $y(t)$  – значения ряда инфляции в первом случае, и  $x(t)$  - значения ряда инфляции,  $y(t)$  – значения ряда безработицы во втором случае.

В результате было получено, что значения индекса безработицы предшествует значению индекса инфляции. На основе полученных результатов был сделан прогноз[8].

**Выводы.** В статье рассмотрены математические методы исследования зависимости временных рядов такие, как критерий серий, тест Дики-Фуллера, рассмотрена авторегрессионная модель, определена причинно-следственная связь.

**Список литературы:** 1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – Москва: Издательское объединение “ЮНИТИ” , 1998. 2. Канторович Г.Г. Лекции: Анализ временных рядов. Экономический журнал ВШЭ. 2003. 3. Елисеева И.И. Эконометрика. – Москва: “Финансы и статистика ”, 2003. 4. Алехин Е.И. Основы анализа временных рядов. – Орел. 1998. 5. Шанченко Н.И. Лекции по эконометрики. – Ульяновск. 2008. 6. <http://www.ukrstat.gov.ua/>, «Державний комітет статистики». 7. Носко В.П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов. – Москва: ИЭПП, 2002.

*Поступила в редколлегию 15.05.2012о*

**УДК 656:681.518.5**

**А.Н. ГОРЯИНОВ**, канд. техн. наук, доц., ХНАГХ, Харьков

### **СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В ПРОЕКТАХ НА ТРАНСПОРТЕ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ**

Розглянуто питання використання систем діагностування в проектах на транспорті. Описані типові схеми систем діагностування. Виділена область об'єктів діагностування в проектах. Запропонована класифікація проектів на транспорті.