

## СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЁМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Жабинский С. В.

Татур М. М. - д-р техн. наук, доцент

Одним из важнейших направлений статистики является анализ и моделирование временных рядов. Основным применением таких моделей является прогнозирование. В работе проводится исследование временного ряда и построение на его основе модели линейной регрессии. Моделирование проводится на основе данных об объёме железнодорожных перевозок в г. Минске.

Рассматриваемые данные представляют собой поквартальные данные об объёме железнодорожных перевозок в г. Минске за семь лет. Таким образом, временной ряд содержит 28 наблюдений. График разложения ряда на составляющие — тренд, сезонную составляющую и случайную составляющую (шум) [1] — представлен на рисунке 1.

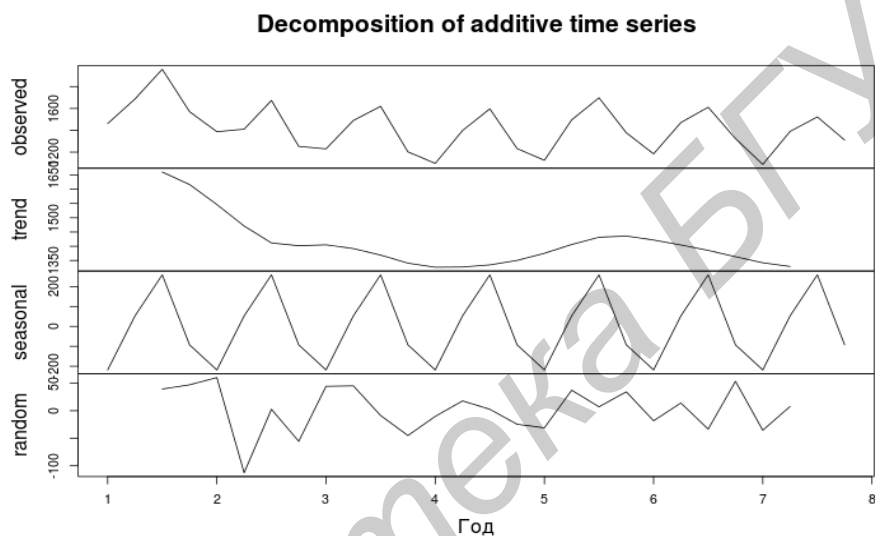


Рис. 1 — Временной ряд и его декомпозиция на составляющие: тренд, сезонную составляющую и случайную составляющую (шум).

Предварительный графический анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. В данных присутствует сезонность с шагом в четыре наблюдения.
2. Наблюдается непостоянный убывающий тренд.
3. В конце пятого сезона наблюдается скачок тренда, после чего тренд вновь убывает.

Для учёта сезонности были введены бинарные (фиктивные) переменные: переменные  $s_1$ ,  $s_2$  и  $s_3$ .  $s_1$  принимает значение «1» в первом квартале,  $s_2$  — во втором,  $s_3$  — в третьем.

При построении модели линейной регрессии без учёта изменения тренда, проверка качества модели показала высокую автокорреляцию в остатках модели (статистика Льюнга-Бокса: 11.93, p-value = 0.00055) и наличие в них гетероскедастичности (статистика Бреуша-Пагана: 14.83, p-value = 0.005). Для корректировки модели была введена ещё одна бинарная переменная  $trend$ , принимающая значение ноль на первых семнадцати наблюдениях и значение единица на остальных. Таким образом, удалось смоделировать резкое изменение тренда в конце пятого года наблюдений.

Была построена следующая модель линейной регрессии:

$$x = 1445.877 - 22.663 * t + 238.099 * s_1 + 452.033 * s_2 + 130.753 * s_3 + 258.151 * trend + \varepsilon$$

где  $t$  — переменная времени (номер наблюдения).

Все переменные оказались статистически значимыми на 5% уровне. Отрицательный коэффициент перед переменной  $t$  указывает на наличие убывающего тренда.

Модель соответствует условиям теоремы Гаусса-Маркова [2]: остатки модели имеют нормальное распределение (математическое ожидание равно 0), постоянную дисперсию (гомоскедастичны), неавтокоррелированы.

Для проверки данных условий были проведены следующие тесты: тест  $\chi^2$  Пирсона на нормальное распределение, тест Льюнга-Бокса на автокорреляцию в остатках, и тест Бреуша-Пагана на гетероскедастичность.

Значения критериев качества модели представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Критерии качества модели

$R^2$	F	$P_F$	LB	$P_{LB}$	BP	$P_{BP}$	$\chi^2$	$p_{\chi^2}$
0.8996	39.4	0.8996	2.56977	0.10892	7.1063	0.2129	8	0.1562

Таким образом, был проведён анализ объёма железнодорожных перевозок, построена модель линейной регрессии, а также проведена статистическая проверка качества построенной модели.

Список использованных источников:

1. Everitt B. S. A Handbook of Statistical Analyses Using R / Everitt B. S., Hothorn T. - 2009.
2. Н. И. Шанченко. Лекции по эконометрике. / Шанченко Н. И. - Ульяновский государственный технический университет - Ульяновск — 2008.

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЛИНИИ ВЗГЛЯДА И ПЛОСКОСТИ МОНИТОРА НА ОСНОВЕ ФРОНТАЛЬНОЙ ВЕБ-КАМЕРЫ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Сасин Е.А., Яночкин А.Л.

Самаль Д.И. – к. т. н., доцент

Зрение является наиболее важным из основных чувств человека. Именно с помощью глаз люди получают большую часть информации об окружающем мире. В тоже время глаза являются важным невербальным источником информации для другого человека. Они непроизвольно реагируют на понравившейся предмет и показывают насколько он интересен.

Окулография (*айтрекинг; eye-gazetracking*) – определение координат точки пересечения линии взгляда и плоскости. В данном случае под плоскостью понимается экран стационарного монитора, монитора мобильного компьютера, планшета или смартфона. Актуальность окулографии иллюстрируется большим количеством уже существующих коммерческих предложений по этой технологии, наличием патентов на системы UI (User Interface), управляемые с помощью взгляда, а так же способы ввода текста взглядом от фирм Apple, Microsoft, Samsung и др. [1,2].

Области потенциального применения *айтрекинга* достаточно широки [2-5]:

- изучение когнитивной (познавательной) деятельности человека;
- медицина и физиология;
- наблюдение за оператором/водителем и т.п.;
- виртуальная реальность;
- спорт;
- психология;
- коммуникационные системы: видеосвязь и специализированные UI (в том числе для людей с ограниченными возможностями);
- маркетинговые исследования.

Таблица 1 – сравнение систем *айтрекинга*.

	Спец. камера	Другое оборудование
SMI Система RED	Широкоформатная ИК	
SMI hed		Камера, закреп на голове
SMI Hi-Speed	ИК камера	Устр-во для фиксации головы
Tobii glasses		Очки с камерой
Tobii TX300	ИК камера	Специальный монитор
LCTechnologies EyeGazeEdge Camera	Использование специализированной камеры	

На основании проведенного анализа (см. таблицу) можно сделать вывод о необходимости дополнительного оборудования для большинства предлагаемых на рынке коммерческих систем окулографии. Это могут быть очки, либо головной убор, на которые закреплены камеры, ведущие съемку глаз в непосредственной близости от оных. Ещё одним вариантом систем *айтрекинга* являются системы, задействующие дополнительное или специализированное оборудование: ИК-камеры и ИК-пушки, устройства для фиксации головы и т.д. [6-9]. Следует отметить, что российские компании используют технологии приведенных выше