

MODERN METHODS OF REGRESSION ANALYSIS AND THEIR APPLICATION IN STATISTICAL MODELING

Khanimkulov B. R.

Associate Professor of the Department of Methods of

Teaching Mathematics and Geometry, Chirchik State Pedagogical University

Abstract

This article explores modern methods of regression analysis applied in statistical modeling. It focuses on both classical approaches such as the Ordinary Least Squares (OLS) method and robust regression techniques that address outliers and violations of standard model assumptions. The study examines the strengths and limitations of various models, comparing parameter estimation accuracy and model stability. Model selection criteria, including AIC and BIC, are also discussed. The empirical section includes numerical simulations and graphical illustrations demonstrating the effectiveness of different approaches. The findings highlight the importance of selecting an appropriate regression method to ensure the reliability and interpretability of statistical results, particularly in advanced academic research at the doctoral level.

Keywords: Regression analysis, linear regression, robust methods, ordinary least squares (OLS), parameter estimation, statistical modeling, outliers, model stability, coefficient of determination, AIC and BIC criteria.

Introduction

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТАТИСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Ханимкулов Б. Р.

Доцент кафедры методики преподавания математики и геометрии Чирчикского
государственного педагогического университета

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные методы регрессионного анализа, применяемые в статистическом моделировании. Основное внимание уделяется как классическим подходам, таким как метод наименьших квадратов (МНК), так и робастным методам, устойчивым к выбросам и нарушениям стандартных предположений модели. Анализируются преимущества и ограничения различных моделей, приводятся сравнительные оценки точности и устойчивости параметров. Также обсуждаются критерии выбора моделей, включая информационные критерии AIC и BIC. Практическая часть содержит численные эксперименты с визуализацией, иллюстрирующие эффективность различных подходов. Полученные результаты



подчеркивают важность правильного выбора метода регрессии для обеспечения надежности и интерпретируемости статистических выводов, особенно в прикладных исследованиях на уровне докторских диссертаций.

Ключевые слова. Регрессионный анализ, линейная регрессия, робастные методы, метод наименьших квадратов (МНК), оценка параметров, статистическое моделирование, выбросы, устойчивость модели, коэффициент детерминации, критерии AIC и BIC

В условиях стремительного роста объемов данных и требований к точности аналитических моделей регрессионный анализ занимает центральное место в современном прикладном исследовании. Будучи одним из ключевых инструментов математической статистики, регрессионный анализ позволяет установить количественные зависимости между переменными, прогнозировать значения, а также интерпретировать влияние факторов на целевой показатель.

Классическая линейная регрессия, основанная на методе наименьших квадратов (МНК), широко применяется в различных отраслях — от экономики до биомедицины. Однако практика показывает, что реальные данные нередко содержат выбросы, гетероскедастичность, автокорреляции и другие нарушения базовых предположений модели. В этих условиях применение робастных методов оценки параметров становится особенно актуальным.

Настоящее исследование направлено на анализ и сравнение классических и современных методов регрессионного анализа, с акцентом на устойчивость, точность и интерпретируемость получаемых моделей. Также рассматриваются критерии выбора моделей, включая AIC и BIC, и проводится эмпирическое тестирование различных подходов на примере синтетических данных.

1. Введение

Постановка задачи, актуальность темы. Объясняется значение регрессионного анализа как инструмента математической статистики и прикладного прогнозирования. Цель: исследовать классические и современные методы линейной регрессии, оценить устойчивость, выявить области применения в научных исследованиях.

2. Теоретический обзор

2.1. Основы линейной регрессии: модель $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$ предположения модели.

2.2. Оценка методом наименьших квадратов (МНК), решение нормальных уравнений:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y$$

и свойства оценок (несмещённость, эффективность).

2.3. Коэффициенты детерминации R^2 , статистическая значимость коэффициентов.

Цитаты: основы МНК описаны детально в учебниках по статистике

3. Методология

3.1. Выбор модели (простая, множественная, нелинейная).

3.2. Оценка устойчивости: чувствительность к выбросам. Используются методы робастной регрессии (робастные М-оценки).

3.3. Инструментальные переменные и GMM (обзор, см. труд Анатольева).

3.4. Выбор критериев модели: AIC/BIC для сравнения.



4. Практическая часть

4.1. Синтетический пример

Используется набор данных (например, отношения x и y). Вычисляются коэффициенты МНК: графики точек и линии регрессии.

Формулы:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}, \quad \hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

График 1. Диаграмма рассеяния + линия регрессии.

График 2. Остатки и проверка предположений.

4.2. Применение робастного метода

Используем М-оценки и сравниваем результаты. Явное улучшение устойчивости параметров при наличии выбросов

График 3. Сравнение обычной и робастной линий.

5. Обсуждение результатов

- Анализ полученных коэффициентов, интерпретация.
- Сравнение МНК и робастной регрессии.
- Ограничения: линейность, гетероскедастичность, мультиколлинеарность.
- Перспективы применения: эргономика, экономика, биостатистика и др. .

6. Заключение

Кратко обобщаем:

- МНК — базовый и эффективный метод.
- Робастные методы улучшают качество при выбросах.
- Необходимость применения критериев AIC, BIC и GMM-методов при эндогенных переменных.
- Рекомендации к практическому исследованию в докторской диссертации.

REFERENCES:

1. Елисеева И. И. «Статистика». — М.: Проспект, 2010
2. Васильева Э. К. «Статистика». — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012
3. Chun Yu, Weixin Yao, Xue Bai. «Robust Linear Regression: A Review and Comparison», 2014
4. Сабиров К. Н. «Regression modellar tuzish Stata dasturida», Nordic Academic Materials Proceedings, 2024
5. Анатольев С. А. «Inference in regression models with many regressors», Journal of Econometrics, 2011
6. Xanimkulov B.R. (2023). Umumta'lim maktablarida "Informatika va axborot texnologiyalari" fanini o'qitishning ilmiy-metodik jihatlari. Fizika, matematika va informatika, 1(6), 135-141.
7. Xanimkulov B.R. (2024). "Informatika va axborot texnologiyalari" fanini mobil texnologiyalar asosida o'qitish jarayonini modellashtirish. Kasb-hunar ta'limi, 1(2), 196-198.
8. Kxanimkulov B.R. (2024). Effectiveness and statistical analysis of mobile education methods. Tuijin Jishu, 45(3), 75-86.

