

УДК 330.534:550.385

51. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ ОСТАТКОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О РАСХОДАХ КОНСОЛИДИРОВАННОГО БЮДЖЕТА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Качан Д. Д.¹, студент гр.073903

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹
г. Минск, Республика Беларусь

Шинкевич Е.А. – канд. физ.-мат. наук

Аннотация. В рассмотрены финансовые аспекты расходов консолидированного бюджета Республики Беларусь, изучена структура расходов бюджета, а также применены методы регрессионного анализа для прогнозирования расходов бюджета. Проведен анализ связей между различными факторами и их влияние на расходы консолидированного бюджета. Оценена адекватность построенной эконометрической модели. Проведен анализ регрессионных остатков.

Ключевые слова. Бюджет Республики Беларусь, расходы государства, регрессионный анализ, корреляционный анализ, коэффициент детерминации, прогнозирование, анализ регрессионных остатков, переменные, связи, статистический анализ, нормальное распределение, автокорреляция, гетероскедастичность.

В современном информационном обществе, где огромные объемы данных становятся все доступнее и широко используются в различных сферах, регрессионный анализ играет важную роль в понимании и прогнозировании сложных явлений. Этот мощный статистический метод позволяет нам исследовать связи между зависимыми и независимыми переменными, выявлять факторы, влияющие на переменную интереса, и предсказывать будущие значения.

Регрессионный анализ – это метод изучения статистической взаимосвязи между одной зависимой количественной переменной от одной или нескольких независимых количественных переменных. Зависимая переменная в регрессионном анализе называется результирующей, а переменные факторы – предикторами или объясняющими переменными [1].

Регрессионный анализ находит широкое применение во множестве научных и прикладных областей, включая экономику, финансы, социологию, медицину, маркетинг, климатологию и многие другие. Он позволяет исследователям не только понять, как различные факторы взаимодействуют друг с другом, но и использовать эту информацию для принятия обоснованных решений и определения стратегий.

Одним из ключевых преимуществ регрессионного анализа является его способность моделировать сложные зависимости между переменными и предсказывать их влияние в различных сценариях. Например, в экономике регрессионный анализ может помочь оценить влияние изменения ставки процента на объем инвестиций или предсказать доходы населения на основе различных факторов, таких как уровень образования, занятость и инфляция.

В сфере медицины регрессионный анализ может быть использован для исследования взаимосвязи между рисковыми факторами и заболеваниями, помогая выявить факторы риска и разрабатывать эффективные меры профилактики и лечения. В маркетинге регрессионный анализ может помочь определить, какие факторы влияют на продажи товаров или услуг, и как оптимизировать маркетинговые стратегии для достижения максимального успеха.

Особенно актуальным становится регрессионный анализ в эпоху машинного обучения и искусственного интеллекта, где модели могут автоматически извлекать сложные зависимости из данных и предсказывать результаты с высокой точностью. Регрессионный анализ является важным инструментом в этой области, обеспечивая интерпретируемость и понимание факторов, влияющих на предсказания модели.

Одним из важных аспектов в регрессионном анализе является анализ регрессионных остатков.

Регрессионные остатки – это разница между наблюдаемым значением и прогнозируемым значением в регрессионном анализе [2].

Анализ регрессионных остатков является важной частью проверки адекватности модели. Если остатки имеют случайное распределение вокруг нуля с постоянной дисперсией, это может свидетельствовать о том, что модель хорошо соответствует данным. Однако, если в остатках присутствуют систематические закономерности или нарушения предположений модели, это может указывать на неадекватность модели или несоблюдение предположений регрессионного анализа.

Анализ регрессионных остатков помогает оценить качество модели и выявить потенциальные проблемы, которые могут потребовать корректировки модели или предположений, используемых в регрессионном анализе.

В данной работе проведем регрессионный анализ расходов консолидированного бюджета Республики Беларусь, а также выполним анализ регрессионных остатков.

Бюджет каждой страны отражает существенные экономические, социальные и политические проблемы, с которыми сталкиваются общество в целом и каждый отдельный человек. Бюджет определяет масштаб деятельности государства, одновременно устанавливая ее ограничения. Бюджет является мощным инструментом воздействия на социально-экономическое развитие страны. Он предназначен не только для формирования общегосударственного фонда денежных средств, но и для эффективного использования этих средств в соответствии с основными принципами бюджетной и налоговой политики. Следовательно, бюджет концентрирует часть национального дохода, который затем перераспределяется. Таким образом, бюджет выполняет функцию распределения в рамках финансовой системы.

Однако данная система часто сталкивается с проблемами, которые проявляются в виде бюджетного дефицита или профицита. Поэтому одним из ключевых вопросов государственных финансов является проблема бюджетного дефицита (профицита).

Идеальным вариантом государственного бюджета является сбалансированный бюджет без дефицита или бюджет с профицитом, однако на практике достичь такой сбалансированности не всегда удается. Бюджетный дефицит сегодня характерен для большинства развитых стран. Дефицит (профицит) бюджета является индикатором состояния экономики, и поэтому данная проблема является актуальной и привлекает значительное внимание как со стороны экономистов-специалистов, так и населения в целом.

Цель данной работы заключается в проведении регрессионного анализа расходов консолидированного бюджета.

Объектом исследования являются расходы консолидированного бюджета.

Предметом исследования является влияние структуры расходов бюджета на его размер.

Государственный бюджет – ведущее звено финансовой системы и основная финансовая категория. В нём объединяются главные доходы и расходы государства. Бюджет объединяет основные финансовые категории (налоги, государственный кредит, государственные расходы) в их действии.

Совокупность бюджетных отношений по формированию и использованию бюджетного фонда страны составляет понятие государственного бюджета. Иначе, государственный бюджет – часть сводного финансового плана страны, имеющий силу закона, так как проект бюджета ежегодно обсуждается и принимается законодательным органом (в рыночных странах: парламент страны, штата или муниципальное собрание). [3, с.7]

Каждый год Министерство финансов Республики Беларусь совместно с местными финансовыми органами подготавливает консолидированные бюджеты для Республики Беларусь и её административно-территориальных единиц. Однако эти консолидированные бюджеты не подлежат рассмотрению и утверждению законодательными органами власти на всех уровнях. Они представляют собой статистические своды бюджетных показателей, которые содержат агрегированную информацию о доходах и расходах, источниках поступления средств и их использовании в отдельных регионах и на всей территории Республики Беларусь в целом.

Используя такой статистический свод показателей [5], рассмотрим и проанализируем структуру расходов государственного бюджета Республики Беларусь.

Расходы бюджета – денежные средства, направляемые на финансовое обеспечение задач и функций государства [4]. В Республике Беларусь выделяют следующие факторы, влияющие на расходы консолидированного бюджета: расходы на образование, расходы на здравоохранение, национальная экономика, социальная политика, международная деятельность и другие.

Проведем корреляционно-регрессионный анализ для факторов, влияющих на расходы бюджета на основе данных за 2017-2021 годы.

Исходные данные для анализа включают в себя такие показатели расходов, как:

- у – общие расходы;
- x1 – расходы на образование;
- x2 – расходы на здравоохранение;
- x3 – национальная экономика;
- x4 – жилищно-коммунальные услуги и жилищное строительство;
- x5 – социальная политика;
- x6 – судебная власть, правоохранительная деятельность и обеспечение безопасности;
- x7 – обслуживание государственного долга;
- x8 – национальная оборона;
- x9 – физическая культура, спорт и СМИ;
- x10 – государственные органы общего назначения;
- x11 – межбюджетные трансферты;
- x12 – возмещение, компенсация (уплата) процентов по кредитам банков;

- x13 – международная деятельность;
- x14 – инновационные фонды;
- x15 – иные расходы.

Начнем анализ с создание корреляционной матрицы. Она используется для оценки силы и направления связи между переменными в наборе данных и позволяет исследовать, насколько переменные взаимосвязаны между собой.

Построим корреляционную матрицу по заданным параметрам (Рисунок 1).

Рисунок 1 – Корреляционная матрица расходов консолидированного бюджета РБ 2017-2021 гг.

Заметим, что данные показателей x_1 (0.406), x_2 (0.382), x_7 (0.387) и x_{14} (0.149) оказывают малое влияние на y , поэтому их можно исключить из рассмотрения. Также исключим переменные с тесной связью между собой и построим многофакторную регрессионную модель (Рисунок 2), в которой зависимая переменная – у расходы консолидированного бюджета РБ.

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| X10 | -1.582176 | 0.720280 | -2.196612 | 0.0422 |
| X15 | 0.205132 | 0.040580 | 5.055045 | 0.0001 |
| C | 20.66382 | 2.498729 | 8.269732 | 0.0000 |

| | | | |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| R-squared | 0.876383 | Mean dependent var | 16.53500 |
| Adjusted R-squared | 0.861839 | S.D. dependent var | 1.255420 |
| S.E. of regression | 0.466639 | Akaike info criterion | 1.450960 |
| Sum squared resid | 3.701786 | Schwarz criterion | 1.600320 |
| Log likelihood | -11.50960 | Hannan-Quinn criter. | 1.480117 |
| F-statistic | 60.26053 | Durbin-Watson stat | 1.993888 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

Рисунок 2 – Регрессионная модель расходов консолидированного бюджета Республики Беларусь 2017-2021 гг.

Основываясь на регрессионной модели расходов консолидированного бюджета Республики Беларусь за 2017-2021гг., получим функцию:

$$y = 20,66382 - 1,582176x_{10} + 0,205132x_{15}, \quad (1)$$

где y – общие расходы, x_{10} – государственные органы общего назначения, x_{15} – иные расходы.

Уравнение отображает зависимость расхода консолидированного бюджета от расходов на государственные органы общего назначения и иных расходов.

Коэффициент детерминации R-squared = 0.876383. Это означает, что примерно 87.64% изменчивости зависимой переменной объясняется независимыми переменными в модели. Модель хорошо подходит для объяснения данных, и предикторы в модели в значительной степени объясняют изменения зависимой переменной.

Скорректированный на потерю степеней свободы коэффициент множественной детерминации Adjusted R-squared = 0.861839. Этот коэффициент представляет собой исправленную версию

коэффициента множественной детерминации (R-squared), которая учитывает число предикторов (независимых переменных) в модели и число наблюдений в наборе данных. Скорректированный на потерю степеней свободы Adjusted R-squared вводится для компенсации возможного искажения R-squared, которое может произойти при добавлении новых предикторов в модель.

Таким образом, значение Adjusted R-squared = 0.861839 означает, что модель объясняет примерно 86.18% дисперсии зависимой переменной, учитывая число предикторов и объем данных, с которыми она работает. Это высокий показатель, свидетельствующий о хорошем качестве модели.

Критерий Фишера – это статистический тест, который используется для проверки значимости в целом модели регрессии. В данной модели $F_{кр}(0.05; 2.17) = 3.59$, а $F_{расч} = 60.26053$. Так $F_{расч} > F_{кр}$, то уравнение модели статистически значимое и пригодно для прогнозирования.

Значения Prob. (Probability) у каждой переменной больше, чем 0.05, что говорит о статистической значимости коэффициентов.

Перейдем к анализу регрессионных остатков.

Нормальное распределение остатков обеспечивает корректность статистических выводов и оценок модели регрессии, гарантирует точность предсказаний и надежность модели, а также позволяет узнать, насколько хорошо модель соответствует данным и обнаружить возможные проблемы в модели. Если остатки не распределены нормально, это может привести к искажению статистических выводов, таких как неправильные доверительные интервалы или некорректные р-значения. Остатки, распределение которых не подчиняется нормальному закону, могут также указывать на то, что модель недостаточно учитывает структуру данных или присутствуют другие проблемы с моделью.

Проведем тест на нормальное распределение остатков (Рисунок 3).

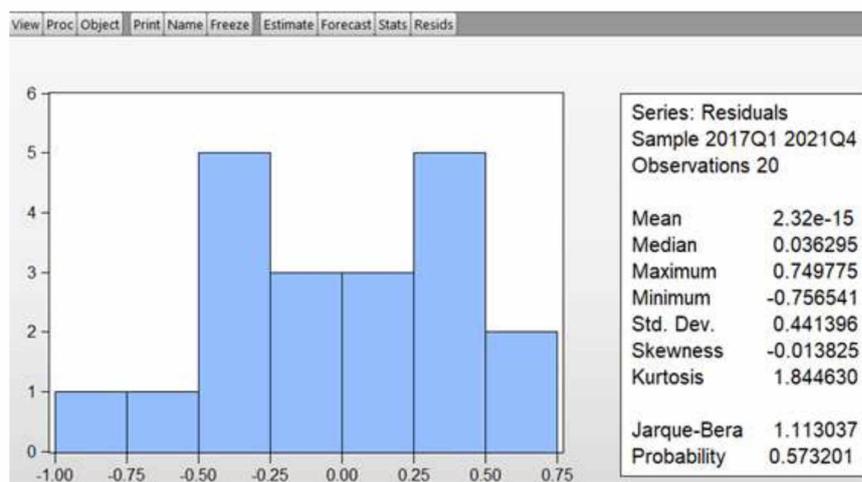


Рисунок 3 – Тест на нормальное распределение остатков

Коэффициент Жака-Бера равен $1.113037 < 6$, а Probability равен $0.573201 > 0.05$, что говорит о нормальном распределении остатков.

Автокорреляция остатков – это явление, при котором остатки модели регрессии (разница между фактическими значениями зависимой переменной и значениями, предсказанными моделью) коррелируют между собой. Отсутствие автокорреляции в остатках важно, поскольку это гарантирует независимость ошибок модели между собой, что является одним из ключевых предположений для статистической надежности регрессионного анализа. Автокорреляция может привести к искажению стандартных ошибок оценок коэффициентов и неправильным статистическим выводам о значимости влияния предикторов.

Проведем тест Бройша-Годфри на определение автокорреляции в остатках (Рисунок 4).

| View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids |
|--|------|-------------|-----------------------|-------------|----------|---------------------|----------|-------|--------|
| Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test: | | | | | | | | | |
| F-statistic | | | | 1.385035 | | Prob. F(2,15) | | | 0.2806 |
| Obs*R-squared | | | | 3.117680 | | Prob. Chi-Square(2) | | | 0.2104 |
| Test Equation: | | | | | | | | | |
| Dependent Variable: RESID | | | | | | | | | |
| Method: Least Squares | | | | | | | | | |
| Date: 03/16/24 Time: 16:20 | | | | | | | | | |
| Sample: 2017Q1 2021Q4 | | | | | | | | | |
| Included observations: 20 | | | | | | | | | |
| Presample missing value lagged residuals set to zero | | | | | | | | | |
| Variable | | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. | | | | |
| X10 | | 0.479560 | 0.774228 | 0.619403 | 0.5449 | | | | |
| X15 | | 0.014891 | 0.041506 | 0.358759 | 0.7248 | | | | |
| C | | -1.600985 | 2.674257 | -0.598865 | 0.5583 | | | | |
| RESID(-1) | | -0.080941 | 0.247270 | -0.327340 | 0.7479 | | | | |
| RESID(-2) | | -0.488283 | 0.294890 | -1.655816 | 0.1185 | | | | |
| R-squared | | 0.155884 | Mean dependent var | | 2.32E-15 | | | | |
| Adjusted R-squared | | -0.069214 | S.D. dependent var | | 0.441396 | | | | |
| S.E. of regression | | 0.456416 | Akaike info criterion | | 1.481495 | | | | |
| Sum squared resid | | 3.124737 | Schwarz criterion | | 1.730428 | | | | |
| Log likelihood | | -9.814948 | Hannan-Quinn criter. | | 1.530089 | | | | |
| F-statistic | | 0.692517 | Durbin-Watson stat | | 2.204277 | | | | |
| Prob(F-statistic) | | 0.608557 | | | | | | | |

Рисунок 4 – Тест на отсутствие автокорреляции в остатках

У каждой переменной коэффициент Prob. (Probability) больше, чем 0.05, значит автокорреляция отсутствует или она незначительна.

Гетероскедастичность – это явление, при котором изменчивость (дисперсия) остатков модели регрессии не остается постоянной по всем значениям предикторов. В результате этого остатки могут быть более разбросанными при некоторых значениях предикторов и менее разбросанными при других. Гетероскедастичность может привести к неправильным стандартным ошибкам оценок коэффициентов модели, что, в свою очередь, может исказить статистические выводы и оценки параметров модели.

Для определения гетероскедастичности остатков, проведем тест Уайта (Рисунок 5).

| View | Proc | Object | Print | Name | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids |
|--------------------------------|------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|---------------------|----------|-------|--------|
| Heteroskedasticity Test: White | | | | | | | | | |
| F-statistic | | | | 0.774911 | | Prob. F(2,17) | | | 0.4764 |
| Obs*R-squared | | | | 1.670982 | | Prob. Chi-Square(2) | | | 0.4337 |
| Scaled explained SS | | | | 0.509855 | | Prob. Chi-Square(2) | | | 0.7750 |
| Test Equation: | | | | | | | | | |
| Dependent Variable: RESID^2 | | | | | | | | | |
| Method: Least Squares | | | | | | | | | |
| Date: 03/16/24 Time: 17:47 | | | | | | | | | |
| Sample: 2017Q1 2021Q4 | | | | | | | | | |
| Included observations: 20 | | | | | | | | | |
| Variable | | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. | | | | |
| C | | -0.055862 | 0.497002 | -0.112399 | 0.9118 | | | | |
| X10^2 | | 0.018528 | 0.043592 | 0.425028 | 0.6761 | | | | |
| X15^2 | | 0.001094 | 0.001031 | 1.060871 | 0.3036 | | | | |
| R-squared | | 0.083549 | Mean dependent var | | 0.185089 | | | | |
| Adjusted R-squared | | -0.024269 | S.D. dependent var | | 0.174523 | | | | |
| S.E. of regression | | 0.176628 | Akaike info criterion | | -0.492060 | | | | |
| Sum squared resid | | 0.530357 | Schwarz criterion | | -0.342700 | | | | |
| Log likelihood | | 7.920600 | Hannan-Quinn criter. | | -0.462903 | | | | |
| F-statistic | | 0.774911 | Durbin-Watson stat | | 2.312158 | | | | |
| Prob(F-statistic) | | 0.476352 | | | | | | | |

Рисунок 5 – Тест на гетероскедастичность остатков

Prob (F-statistic) равен $0.476352 > 0.05$, значит, для данной модели тест на гетероскедастичность пройден.

3 теста анализа регрессионных остатков успешно пройдены, значит, данная модель адекватна и пригодна к использованию.

Исходя из проведенного эконометрического анализа можно сделать вывод: при изменении единицы расходов на государственные органы общего назначения, то расходы консолидированного бюджета изменятся на 1.582176%, при изменении единицы иных расходов, то расходы консолидированного бюджета изменятся на 0.205132%.

Итак, мы провели эконометрический анализ расходов консолидированного бюджета Республики Беларусь.

В ходе работы была построена модель множественной линейной регрессии. Она отображает форму зависимости между зависимыми и независимыми факторами.

Было проведено исследование адекватности и качества модели, по итогам которого можно заключить, что модель пригодна для прогнозирования будущих значений результирующего фактора.

Было также проведено исследование регрессионных остатков с помощью различных тестов (Бройша-Годфри, Уайта и др.), по результатам которого было выявлено, что регрессионные остатки не искажают модель.

Список использованных источников:

1. "Statmethods" / Регрессионный анализ – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.statmethods.ru/statistics-metody/regressionnyj-analiz/> – Дата доступа: 08.03.2024.
2. "Codecamp" / Регрессионные остатки – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.codecamp.ru/blog/residuals/> – Дата доступа: 08.03.2024.
3. Абрамович Э. В., Засемчук Н. А. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Государственный бюджет» для студентов специальности 1-25 01 04 Финансы и кредит: учеб. пособие / Н. А. Засемчук, Э. В. Абрамович. – 2015. – 217 с.
4. Бюджетный кодекс Республики Беларусь / Ст. 2 БК РБ 412-3 от 16.07.2008 г. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=hk0800412> – Дата доступа: 10.03.2024.
5. Министерство финансов Республики Беларусь / Бюллетень об исполнении бюджета – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://minfin.gov.by/ru/budgetary_policy/bulletin/ – Дата доступа: 10.03.2024.

UDC 330.534:550.385

ANALYSIS OF REGRESSION RESIDUALS BASED ON DATA OF CONSOLIDATED EXPENDITURE OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Kachan D.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shinkevich E.A. – PhD in Physics and Mathematics

Annotation. This science work explores the financial aspects of expenditure in the consolidated budget of the Republic of Belarus. The work examines the structure of budget expenditures, as well as regression analysis methods for forecasting budget expenditures. An analysis of ratio between various factors and their impact on consolidated budget expenditures is conducted. The adequacy of the econometric model constructed is evaluated. Regression residuals analysis is performed.

Keywords. The budget of the Republic of Belarus, government expenditures, regression analysis, correlation analysis, coefficient of determination, forecasting, regression residuals analysis, variables, ratio, statistical analysis, normal distribution, autocorrelation, heteroskedasticity.