

Кваліфікаційна робота

МОДЕЛЬ АГРЕГОВАНИХ ВИТРАТ НА РЕКЛАМУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГРЕЙНДЖЕРА

Студент: Яковенко К. В.

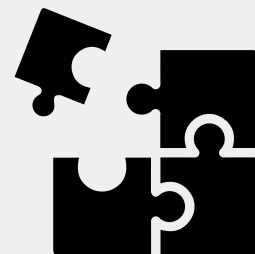
Спеціальність: Прикладна математика - 4

Керівник: Дрінь С. С.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ



- Побудувати прогнозну модель об'ємів продажів з урахуванням впливу кількості рекламних оголошень
- Розглянути метод Грейнджера для встановлення зв'язків між певними факторами
- Імплементувати модель на реальних даних



Виклики:

- Підібрати відповідну модель для нашого датасету
- Наявність гетероскедастичності

МЕТОД ГРЕЙНДЖЕРА

$$X(t) = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{t-j} + \varepsilon_{1t}$$
$$Y(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^n \delta_j X_{t-j} + \varepsilon_{2t}$$

Причинність Грейнджера зазвичай перевіряється в контексті моделей лінійної регресії. Для ілюстрації наведено двовимірну лінійну авторегресивну модель двох змінних X і Y .

МОДЕЛЬ

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^6 \beta_i X_i$$

$$S_t = \beta + \sum_{i=0}^5 \beta_i A_{t-i} + v_t$$

$$A_t = \alpha + \sum_{i=1}^2 \alpha_i S_t + \varepsilon_t$$

S_t – Sale Amount
 A_t – Impressions

Y – Sale Amount
 X_1 – Ad Group
 X_2 – Impressions
 X_3 – Clicks
 X_4 – CTR
 X_5 – Costs
 X_6 – Profit&Loss

DATASET

- Ad Group - категорія реклами (девайс: Телефон/Комп'ютер)
- Month - місяць, коли було запущено оголошення
- **Impressions** - **кількість показів оголошення**
- Clicks - кількість кліків на оголошення
- CTR - відсоток успішності оголошення (Clicks/Impressions)
- Conversions - кількість покупок через оголошення
- Conv Rate - відсоток покупок через оголошення (Conversions/Clicks)

- Costs - витрати на рекламу (Clicks*CPC)
- CPC - ціна за клік
- Revenue - сума, яку заробила особа, яка запускала оголошення
- **Sale Amount** - **об'єм продажів**
- Profit and Loss - - прибуток та витрати

Month	# Impressions	# Clicks	# CTR	# Conversions
month of the campaign. The campaign started in July 2021 and ended in November 2021.	metric used in digital marketing to quantify the number of digital views or engagements of an advertisement.	Clicks: how many clicks the ad received	Click Through Rate, the number of clicks that your ad receives divided by the number of times your ad is shown: clicks ÷	Conversions are those valuable actions that users take on your site like buying something or filling in a form. The
November	21%			
July	20%			
Other (113)	59%	35	2	0
July	16038	6504	0.41	1166
July	36462	14367	0.39	2188
July	3635	1458	0.4	248

МОДЕЛЬ

```
> grangertest(Impressions ~ Sale_Amount, order = 1, data = Mob)
Granger causality test
```

```
Model 1: Impressions ~ Lags(Impressions, 1:1) + Lags(Sale_Amount, 1:1)
```

```
Model 2: Impressions ~ Lags(Impressions, 1:1)
```

	Res.Df	Df	F	Pr(>F)
1	1			
2	2	-1	170.61	0.04864 *

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

$$A_t = \alpha_0 + \alpha_1 S_t + \alpha_2 S_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$S_t = \beta + \sum_{i=0}^5 \beta_i A_{t-i} + v_t$$

```
> grangertest(Sale_Amount ~ Impressions, order = 1, data = Mob)
Granger causality test
```

```
Model 1: Sale_Amount ~ Lags(Sale_Amount, 1:1) + Lags(Impressions, 1:1)
```

```
Model 2: Sale_Amount ~ Lags(Sale_Amount, 1:1)
```

	Res.Df	Df	F	Pr(>F)
1	1			
2	2	-1	43.182	0.09614 .

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

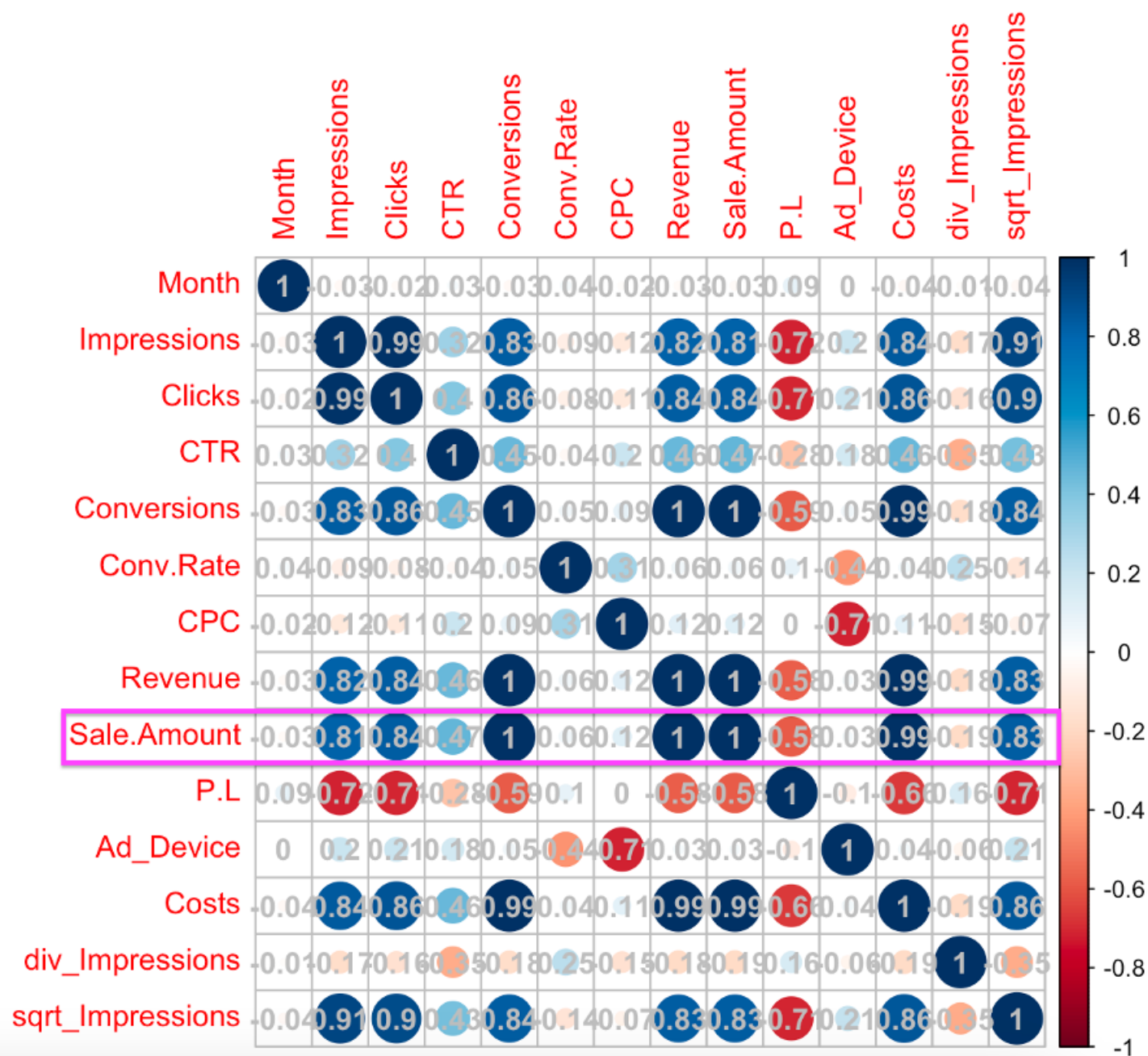
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.273e+05	8.874e+04	-1.434	0.28793
Sale_Amount	2.692e-01	1.847e-02	14.574	0.00467 **
Sale_Amount_t_1_2	1.754e-01	9.525e-02	1.842	0.20683

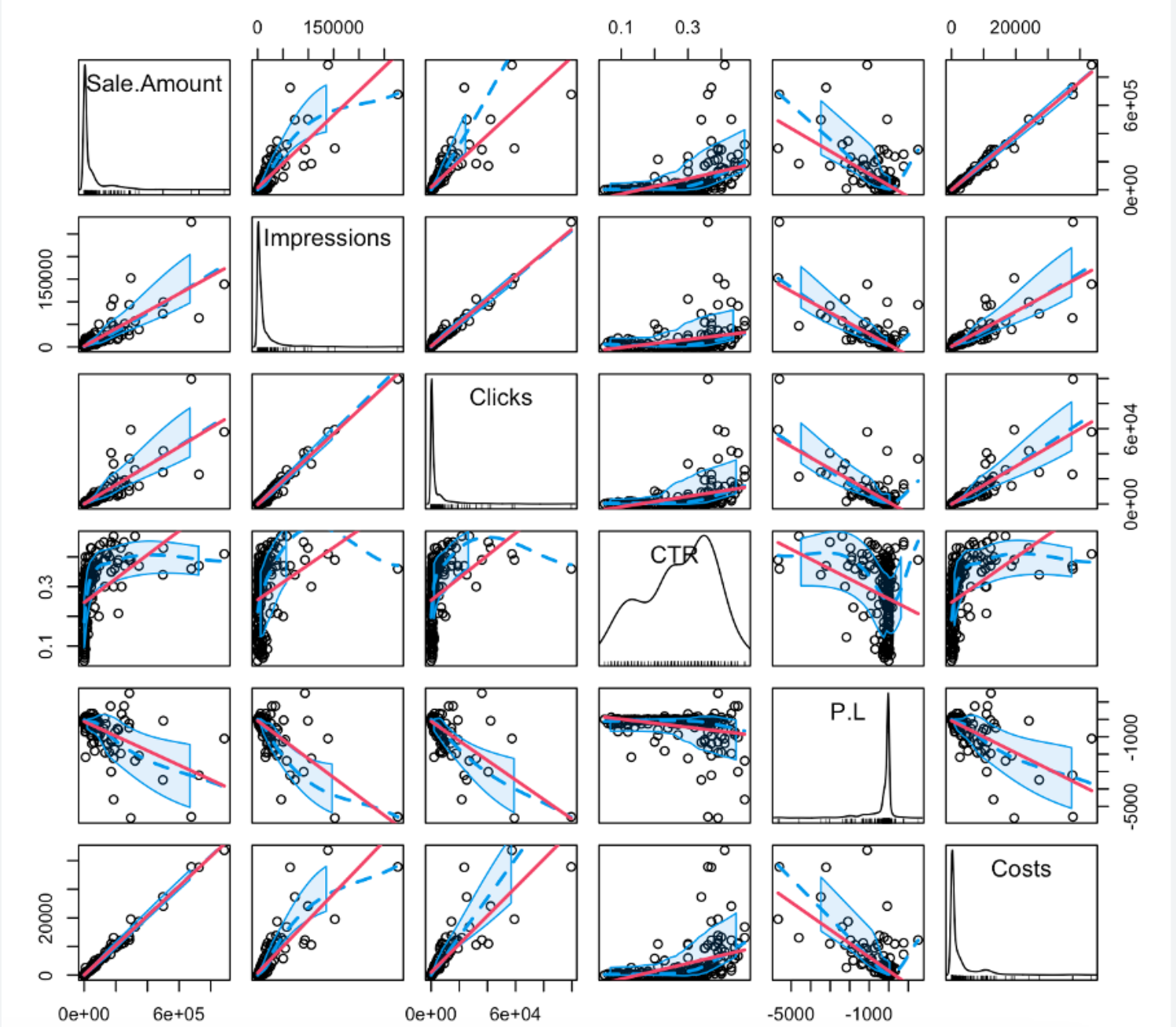
```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

ДОСЛІДЖЕННЯ

01



02



ЗАПРОПОНОВАНА МОДЕЛЬ

$$Y = -1160 - 9651.1X_1 + 17.62\sqrt{X_2} - 12.09X_3 + 10150e^{X_4} + 20.85X_5 + 1961X_6$$

Call:
lm(formula = Sale.Amount ~ Ad_Device + sqrt Impressions + Clicks +
I(exp(CTR)) + Costs + P.L, data = Campaign_res)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-7203.7 -1211.1 -225.3 803.7 13794.8

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.160e+04	2.014e+03	-5.759	3.52e-08 ***
Ad_Device	-9.651e+02	4.176e+02	-2.311	0.02195 *
sqrt Impressions	1.762e+01	6.092e+00	2.892	0.00430 **
Clicks	-1.209e-01	4.332e-02	-2.792	0.00579 **
I(exp(CTR))	1.015e+04	1.579e+03	6.431	1.07e-09 ***
Costs	2.085e+01	6.763e-02	308.349	< 2e-16 ***
P.L	1.961e+01	3.087e-01	63.540	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2624 on 183 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9996, Adjusted R-squared: 0.9996
F-statistic: 7.191e+04 on 6 and 183 DF, p-value: < 2.2e-16

Y – Sale Amount

X_1 – Ad Group

X_2 – Impressions

X_3 – Clicks

X_4 – CTR

X_5 – Costs

X_6 – Profit&Loss

Як висновок: рекламні оголошення на комп'ютерах дають більший вплив на об'єм продажів, ніж рекламні оголошення на мобільних пристроях

СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА

01

$$R^2 = 0.99$$

$$R^2 = \frac{\sigma_{\text{перп.}}^2}{\sigma_{\text{зар.}}^2} = \frac{SSR}{SST}$$

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

02

$$F\text{-statistic} = 71910$$

$$F_{(1, n-2)} = \frac{MSR}{MSE}$$

$$MSR = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{1}$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}$$

03

$$p\text{-value} = 0.022 \cdot 10^{-14}$$

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

ДЖЕРЕЛА

- 1.Indeed Editorial Team. (2022). Everything You Need To Know About Mathematical Modeling. Indeed Career Guide. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/mathematical-modeling>.
- 2.Поняття лагу і лагових змінних. (n.d.). StudFiles. <https://studfile.net/preview/9444367/page:21/>
- 3.Вікімедіа, У. П. (2019). Лаг. uk.wikipedia.org. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B3>
- 4.Вікімедіа, У. П. (2022). Лаг часовий. uk.wikipedia.org. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B3_%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9
- 5.Hayes, A. (2022). Heteroscedasticity Definition: Simple Meaning and Types Explained. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/h/heteroskedasticity.asp>
- 6.F Statistic / F Value: Definition and How to Run an F-Test. (2023, March 3). Statistics How To. <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/f-statistic-value-test/>
- 7.Kenton, W. (2020). Residual Standard Deviation: Definition, Formula, and Examples. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/r/residual-standard-deviation.asp>
- 8.Краснікова Л. І. Економетрика / Л. І. Краснікова, І. Г. Лук'яненко. – Київ: Товариство "Звання", 1998. – 494 с. – (966-7293-08-4).