

# Підвищення чутливості статистичних онлайн експериментів за допомогою моделювання неоднорідності популяції

Білінський Павло Олександрович

Факультет інформатики  
Національний університет “Кієво-Могилянська академія”

29 травня 2024 р.

- 1 Вступ
- 2 Задача редукції дисперсії
- 3 Опис методу
- 4 Результати
- 5 Висновки

**Тема:** наукового дослідження: Розробка методів редукції дисперсії в контрольованих онлайн експериментах із використанням текстових даних та даних послідовності дій користувача.

**Мета:** Метою цього дослідження є розробка нового методу редукції дисперсії в контрольованих онлайн експериментах шляхом використання текстових даних та даних послідовності дій користувача онлайн-продукту, а також оцінка ефективності розроблених методів за допомогою симуляцій експериментів.

# Контрольовані онлайн-експерименти

Контрольовані онлайн експерименти застосовуються в онлайн-продуктах для з'ясування впливу зміни в продукті на поведінку користувачів.

**Дані:** Нехай маємо спостереження показника  $Y_i$  для кожного користувача в обох групах:

Група А (контрольна) :  $Y_1^{(c)}, Y_2^{(c)}, \dots, Y_N^{(c)} - i.i.d$

Група В (тестова) :  $Y_1^{(t)}, Y_2^{(t)}, \dots, Y_N^{(t)} - i.i.d$

**Перевірка статистичної гіпотези:**

$$H_0 : \mu^{(c)} = \mu^{(t)}$$

$$H_1 : \mu^{(c)} \neq \mu^{(t)}$$

**Критерій Ст'юдента:**

$$\frac{\bar{Y}^{(t)} - \bar{Y}^{(c)}}{\sqrt{\text{var}(\bar{Y}^{(t)} - \bar{Y}^{(c)})}}$$

# Задача редукції дисперсії

Різниця вибірових середніх  $\Delta = \bar{Y}^{(t)} - \bar{Y}^{(c)}$  є незміщеною оцінкою різниці середніх між групами.

Її дисперсія:

$$\text{var}(\Delta) = \text{var}\left(\bar{Y}^{(t)}\right) + \text{var}\left(\bar{Y}^{(c)}\right)$$

**Задача редукції дисперсії** полягає в знаходженні незміщеної оцінки  $\Delta^*$  з меншою дисперсією, ніж  $\Delta$ :

$$\begin{aligned} \text{Знайти } \Delta^*: \quad \mathbb{E}[\Delta^*] &= \mathbb{E}[\Delta] = \mathbb{E}\left[\mu^{(t)} - \mu^{(c)}\right] \\ \text{var}(\Delta^*) &\leq \text{var}(\Delta) \end{aligned}$$

Нехай, окрім вимірів  $Y_i$ , також доступні виміри іншої величини  $X_i$  (коваріати) з відомим мат. сподіванням. Можемо скоригувати  $Y$  таким чином:

$$\hat{Y}_{cv} = \bar{Y} - \theta\bar{X} + \theta\mathbb{E}[X] \quad (1)$$

## Theorem

Оптимальне значення параметра  $\theta$ :

$$\theta = \frac{\text{cov}(Y, X)}{\text{var}(X)}$$

Тоді скоригована величина  $\hat{Y}_{cv}$  матиме дисперсію:

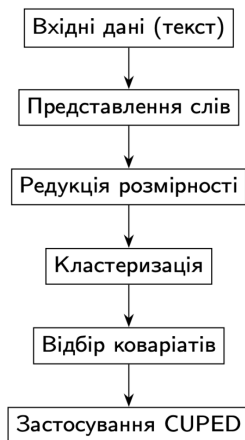
$$\text{var}(\hat{Y}_{cv}) = \text{var}(Y)(1 - \rho^2) \quad (2)$$

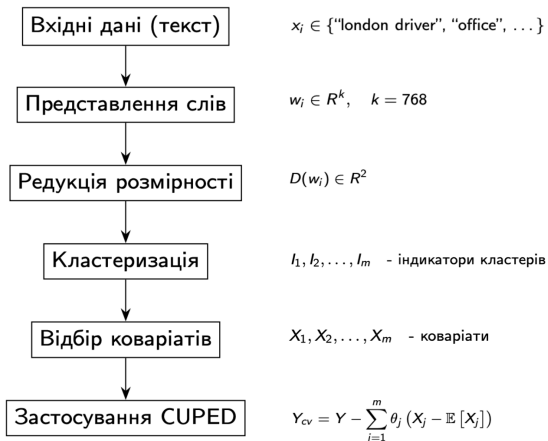
де  $\rho$  - коефіцієнт кореляції між  $Y$  та  $X$ .

Отже, зменшення дисперсії пропорційне кореляції між  $Y$  та коваріатою  $X$ .

# Розроблений метод CUPED-TF

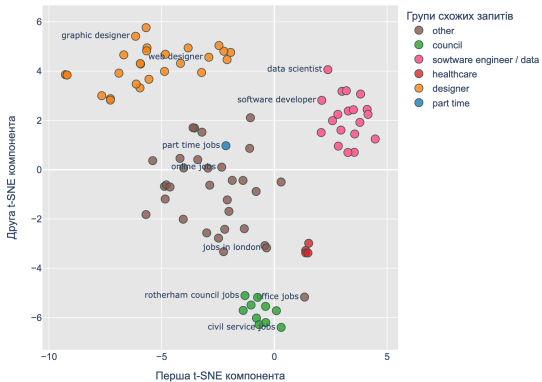






# Результати

# Результати: представлення слів



# Результати: редукція дисперсії

Табл.: Редукція дисперсії при застосуванні методу CUPED-TF .

Експ.	Дані	$d$
1.1.	Чіткі підгрупи	9%
1.2.	Чіткі підгрупи	9%
2.1	Змінна відстань між підгрупами $s$	0-35%
2.2	Змінна дисперсія $\sigma_p^2$	24-38%
2.3	Змінні $s$ та $\sigma_p^2$	0-35%
2.4	Бімодальний розподіл	0-50%
2.5	Наявне розмиття підгруп $q_z$	0-35%
3.1	Відсутність структури	0-4%

# Результати: редукція дисперсії в залежності від параметрів

Мінімальні значення параметрів кожного експерименту, за яких досягається  $d = 10\%$ :

Експ. №	Значення параметру	$\frac{\sigma_{\text{між}}^2}{\sigma^2}$
1.	$s > 0.10$	$> 0.90$
2.	$\sigma_p^2$ не впливає	–
3.	$s > 0.10, \sigma_p^2 < 0.03$	$> 0.33$
4.	$s > 0.11$	$> 0.45$
5.	$q_z < 0.40$	$> 0.40$

- Запропоновано новий метод CUPED-TF, який є модифікацією CUPED. Він використовує модель sBERT для побудови представлень текстових ознак та їх використання для редукції дисперсії.
- Розроблено алгоритм симуляції експериментів з генерацією синтетичних наборів даних на основі бета-біноміальної моделі.
- Ефективність методу CUPED-TF залежить від наступних факторів:
  - Чи значна частка дисперсії пояснюється текстовою ознакою,
  - Чи можна згрупувати текстові ознаки в кластери,
  - Наявність сильних сторонніх факторів, що впливають на дисперсію  $Y$ .

# Історія виникнення ідеї дослідження

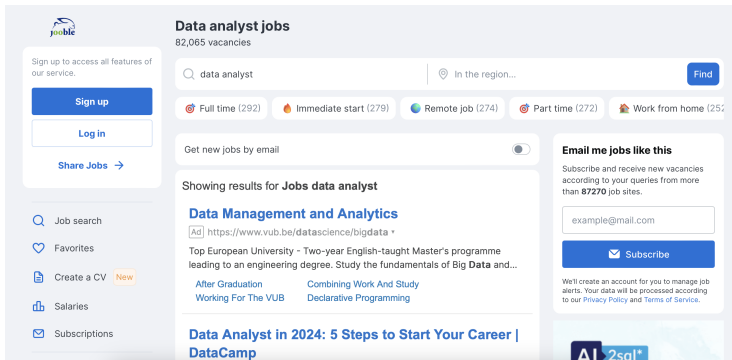


Рис.: Сайт пошуку вакансій Jooble



Дякую за увагу!