



Міністерство освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

факультету Інформатики

# Аналіз транспортних мереж України на основі показників ентропії орієнтації

Студент: Андрій Макарець, МП-ІП32

Науковий керівник: PhD, ст.в. Олег Смиш

## Мета роботи

**Мета роботи** — створити програмно-інженерне рішення для автоматизованого аналізу та візуалізації просторового порядку українських вуличних мереж за допомогою ентропійних і топологічних метрик.



# Об'єкт і предмет дослідження

- Об'єкт: вуличні мережі українських міст як просторові графи
- Предмет: розподіл орієнтацій вуличних сегментів, ентропія, індекс  $\varphi$



# Дані та інструменти

- OpenStreetMap + OSMnx для отримання вуличних мереж
- GeoPandas та NetworkX для обробки графа
- NumPy, SciPy для обчислень ентропії
- Matplotlib для візуалізації
- Python, argparse для CLI



# Приклад рози доріг

- OpenStreetMap + OSMnx для отримання вуличних мереж
- GeoPandas та NetworkX для обробки графа
- NumPy, SciPy для обчислень ентропії
- Matplotlib для візуалізації
- Python, argparse для CLI



# Основні джерела та методи

- Marshall (2004): типологія мереж ABCD, метрики X/T, Cell, Cul-de-sac
- Porta et al. (2006): графові індекси регулярності
- Voeing (2019): ентропійний аналіз, орієнтаційна троянда, індекс  $\varphi$

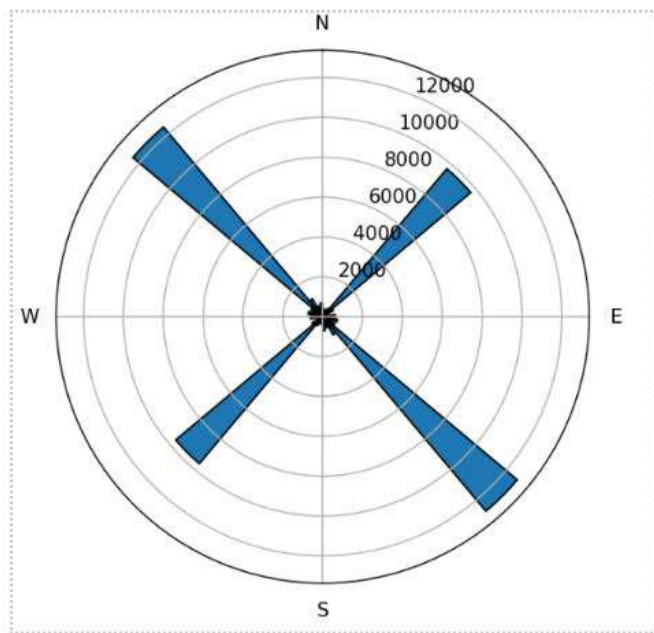


Рис. 4.6 Троянда доріг Черкас

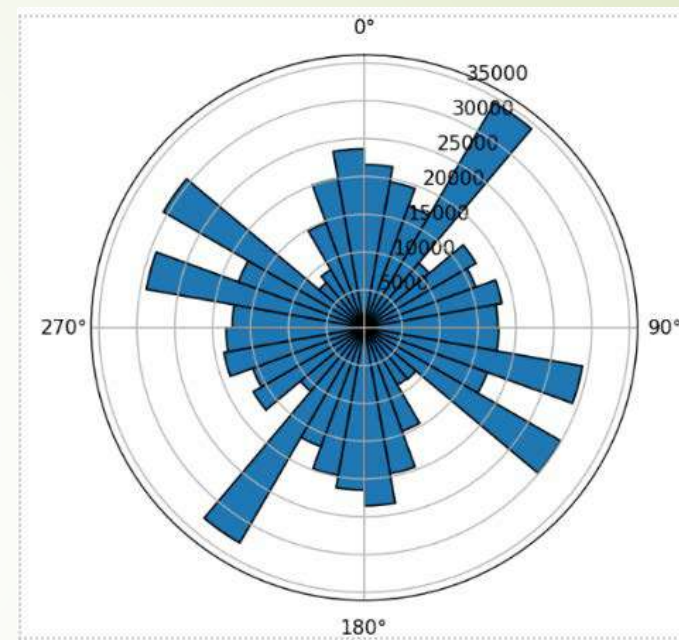


Рис. 4.7. Троянда доріг Чернігова.

# ВИСНОВКИ

- 1. Найвищий рівень впорядкованості у Одесі**  
– Індекс  $\phi$  для Одеси ( $\approx 0,92$ ) виявився максимальним серед чотирьох міст, що відображає її чітку прямокутну сітку вулиць, мінімальну ентропію орієнтацій та високу частку Х-перехресть.
- 2. Найнижчий порядок у Львові**  
– Львів показав  $\phi \approx 0,48$  — найнижче значення. Це пояснюється переважанням типової середньовічної нерегулярної мережі (тип А) з вузькими звивистими вулицями й хаотичними напрямками.
- 3. Проміжні значення для Києва та Харкова**  
– Київ ( $\phi \approx 0,75$ ) і Харків ( $\phi \approx 0,80$ ) зайняли середнє положення: у них співіснують історичні хаотичні фрагменти та планові решітки/радіальні магістралі, що дає помірний ступінь впорядкованості.
- 4. Топологічні детермінанти порядку**  
– Висока  $\phi$  корелювала з Х-ratio (частка «хрестів») та низьким cul-de-sac-ratio (тупики),  
– Низька  $\phi$  супроводжувалась великою кількістю Т-перехресть і глухих кутів у мережі.

# ВИСНОВКИ

## 1. Статистична значущість відмінностей

– Розбивка міст на «органічні» (Lviv) та «плановані» (Odesa) з допомогою непараметричного тесту дала  $p < 0,01$ , що вказує на достовірну різницю в значеннях  $\phi$  між двома групами.

## 2. Вплив довгих магістралей

– Зважена ентропія показала, що наявність протяжних радіальних проспектів (у Харкові, Києві) трохи знижує загальний порядок у порівнянні з «чистою» сіткою Одеси.

## 3. Практичні рекомендації

– Для міст із низьким  $\phi$  (наприклад, Львів) доцільно впроваджувати локальні «прохідні» маршрути та дрібноквартальну сітку, щоб підвищити зв'язність і знизити ентропію напрямків.

## 4. Напрями подальшого дослідження

– Розширити вибірку до всіх обласних центрів, додати соціально-економічні чинники (щільність населення, ВРП) і проаналізувати їхній вплив на  $\phi$  та топологічні індекси.



## Подальші кроки

- ▶ Перевірка відмінностей між типами вуличної мережі історичні/ планові
- ▶ Оптимізація та масштабування
- ▶ Порівняння ентропійних показників із трафіком
- ▶ Поширити аналіз на решту населених пунктів України
- ▶ Долучити до аналізу й деякі європейські та азійські міста аналогічного розміру