

## **ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ**

Задорожний А. Ю.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Петренко Т. Г.

Український державний університет залізничного транспорту,

каф. інформаційних технологій, м. Харків, Україна

e-mail: [zadorojniy85@kart.edu.ua](mailto:zadorojniy85@kart.edu.ua)

This work discusses the development of a system for predicting local climate indicators based on Graph Neural Networks. Data from Internet of Things sensors and known weather stations are integrated using open Application Programming Interfaces, providing a comprehensive view of meteorological conditions. The system considers the geographical structure of the area, optimizes forecast accuracy, and adapts to changes in climate conditions. The use of the latest smart sensor technologies and graph neural networks makes the developed system more efficient to improve the accuracy and accessibility of forecasts for users. The built-in interface allows visualizing the results and provides practical value for local use.

Застосування графових нейронних мереж (Graph Neural Networks, GNNs) представляє значущий напрямок в сучасних дослідженнях, де графи виступають як важлива структура для моделювання різних систем у різноманітних областях. GNNs визначаються як глибокі нейронні мережі, що працюють у графовому просторі та здатні аналізувати та взаємодіяти зі складними структурами графів [1].

В роботі пропонується підхід для прогнозування локальних кліматичних показників, що базується на використанні графових нейронних мереж. Графові нейронні мережі – це тип штучних нейронних мереж, спеціально призначених для обробки даних зі складною структурою графа. У випадку метеорологічного прогнозування, граф може відображати топологію місцевості, де вузли представляють різні географічні точки, а ребра відображають просторові та сенсові взаємозв'язки між ними.

Чому саме графові нейронні мережі? GNNs дозволяють ефективно моделювати взаємодії між різними метеорологічними параметрами, які мають просторовий характер. Така структура дозволяє враховувати географічні особливості, що має велике значення при прогнозуванні локальних показників температури та вологості. GNNs здатні виявляти складні закономірності в графі, роблячи їх ідеальним вибором для аналізу взаємодій між різними метеорологічними точками в просторі [2, 3].

Актуальність роботи.

Метеорологічне прогнозування є важливою галуззю наукових досліджень та реального життя, оскільки воно має прямий вплив на

безпеку та комфорт людей, а також на ефективність різних галузей господарства. Аналіз поточного стану метеорологічних технологій та прогнозування дозволив в роботі виділити кілька актуальних проблем:

1) Точність локальних прогнозів:

Багато існуючих метеорологічних моделей фокусуються на глобальних або регіональних прогнозах, але їхня точність може значно падати на локальному рівні. Розробка підходів для точного локального прогнозування є важливим завданням.

2) Інтеграція даних з різних джерел:

Отримання та інтерпретація інформації з різних джерел, таких як окремі розумні сенсори або розумні метеостанції, є складним завданням. Система, що інтегрує та аналізує ці дані, може значно покращити точність та повноту прогнозів.

3) Взаємодія з географічною структурою:

Багато алгоритмів не враховують географічні властивості місцевості, що веде до недооцінки важливості просторових зв'язків. Графові нейронні мережі надають можливість ефективного врахування цих особливостей.

4) Використання новітніх технологій:

Розвиток інтернету речей (Internet of Things, IoT) відкриває можливості для збору високочастотних та деталізованих даних. Ефективне використання цих даних у поєднанні з сучасними методами штучного інтелекту може значно поліпшити якість метеорологічних прогнозів.

Архітектура системи.

В роботі пропонується архітектура системи що включає наступні модулі:

1) Модуль збору даних від IoT сенсорів. Модуль виконує моніторинг даних від локальних розумних сенсорів, які розташовані в певних точках місцевості. Ці дані включають в себе виміри температури, вологості, швидкості вітру, тиску та рівню ультрафіолету, отримані в режимі реального часу.

2) Модуль формування глобальних метеорологічних даних за запитом до програмного інтерфейсу додатків (Application Programming Interfaces, API) сайтів відомих метеостанцій. Одночасно зі збором даних від сенсорів, система відправляє запити до API відомих метеостанцій. Це забезпечує отримання глобальних метеорологічних даних, які включають в себе температуру, вологість та інші параметри для локальних точок прогнозування метеоумов.

3) Модуль агрегації та підготовка даних. Отримані дані від розумних сенсорів та розумних метеостанцій агрегуються в єдиний набір для подальшої обробки. Проводиться підготовка даних, включаючи синхронізацію часових рядів та перетворення форматів для однорідності.

4) Модуль підтримки графової структури. Модуль формує графову структуру, де вузли представляють метеорологічні точки (розумні сенсори

та розумні метеостанції), а ребра відображають просторові та сенсові взаємозв'язки між ними. Графові зв'язки можуть визначатися географічними відстанями та іншими параметрами.

5) Модуль навчання графової нейронної мережі. Використовуючи архітектуру GNNs, модуль навчається аналізувати та прогнозувати метеорологічні параметри на основі структури графа та вхідних даних. Модель враховує як локальні дані від розумних сенсорів, так і глобальні дані від метеостанцій.

6) Модуль прогнозування для певної географічної точки з локальними метеоумовами. Модуль використовує навчену графову нейронну мережу для прогнозування локальних показників для певної точки місцевості. Контекст та взаємодії враховуються на основі структури графа.

7) Модуль візуалізація результатів. Результати прогнозування візуалізуються на графічному інтерфейсі, що дозволяє користувачеві віддалено за допомогою мобільних пристроїв відстежувати прогнози для різних місцевостей, порівнювати їх з локальними даними моніторингу та отримувати сповіщення про зміни в погодних умовах.

Запропонована архітектура системи дозволяє інтегрувати дані з розумних сенсорів та відомих метеостанцій у єдиний інтелектуальний прогностичний інструмент, забезпечуючи точні та адаптовані до контексту прогнози для локальної місцевості.

Список використаних джерел:

1. Zhou J. et al. Graph neural networks: A review of methods and applications. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1812/1812.08434.pdf> (Last accessed: 1.02.2024).
2. Chen T. et al. View-based Explanations for Graph Neural Networks. URL: <https://arxiv.org/pdf/2401.02086.pdf> (Last accessed: 1.02.2024).
3. Kozodoi N. et al. Probabilistic Demand Forecasting with Graph Neural Networks. URL: <https://arxiv.org/pdf/2401.13096.pdf> (Last accessed: 1.02.2024).