

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Актуальність дослідження адаптивних алгоритмів регулювання дорожнього руху обумовлена гострою проблемою заторів у сучасних містах, що негативно впливає на якість життя громадян, економічну ефективність міської інфраструктури та стан навколишнього середовища. Традиційні системи світлофорного регулювання з фіксованими циклами не здатні ефективно реагувати на динамічні зміни транспортних потоків, що призводить до нераціонального використання дорожнього простору та збільшення часу пересування.

Основна мета дослідження полягає у створенні ефективної моделі «Green wave», яка оптимізує прохід транспортних засобів через перехрестя та скорочує час простою на світлофорах.

Для моделювання міської дорожньої мережі використовується графова структура, де вершинами виступають перехрестя, а ребрами – окремі ділянки доріг (див. рис. 1). Кожне перехрестя характеризується такими параметрами, як навантаження, довжина черги та тривалість циклу світлофора, тоді як дорожні відрізки описуються пропускну здатністю та довжиною.

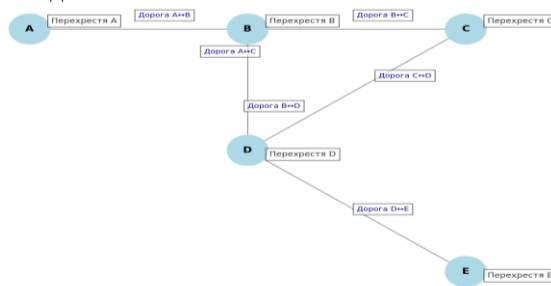


Рис. 1. Двонаправлений граф адаптивного регулювання дорожнього руху

Розроблено візуалізаційний модуль, який дозволяє в режимі реального часу спостерігати за рухом транспортних засобів у мережі. При проектуванні системи було дотримано принципів SOLID та DRY [1, 2], що сприяло створенню модульної архітектури з можливістю повторного використання коду. В процесі розробки застосовано наступні патерни проектування: Factory – для генерації різних типів адаптивних алгоритмів, наприклад, з пріоритетом для громадського транспорту або з динамічною регуляцією світлофорних циклів; Singleton – для реалізації глобального контролера симуляції, що централізовано керує налаштуванням параметрів світлофорів та збором статистичних даних; Observable – для оперативного сповіщення про зміну стану світлофорів або виникнення заторів у певних ділянках мережі. Основою адаптивних алгоритмів у межах використання середовища SUMO (Simulation of Urban MObility) є ідея динамічного перерозподілу фаз світлофора залежно від поточного та прогнозованого навантаження на перехрестях. Для цього в SUMO реалізовано підсистему збору даних на основі віртуальних датчиків, що моделюють роботу камер спостереження та індуктивних детекторів. Отримана інформація надходить до модуля прийняття рішень, що дає змогу в режимі реального часу коригувати параметри регулювання руху, підлаштовуючи фази світлофора під актуальні умови.

Запропонована модель "Green wave" представляє інноваційний підхід до оптимізації руху транспортних засобів через систему перехресть, що дозволяє суттєво скоротити час простою на світлофорах та підвищити загальну пропускну здатність дорожньої мережі. Моделювання та візуалізація роботи таких алгоритмів надає можливість не лише теоретично обґрунтувати їх ефективність, але й перевірити в умовах, наближених до реальних, враховуючи різноманітні сценарії навантаження (пікові години, аварійні ситуації, дорожні роботи). Таким чином, дослідження спрямоване на вирішення актуальної проблеми підвищення ефективності міської транспортної системи шляхом впровадження інтелектуальних технологій регулювання дорожнього руху.

### Список використаних джерел:

1. Zhang Y., Chen X., Li Y. A deep reinforcement learning approach for real-time adaptive traffic signal control // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 2090–2100.
2. Wang J., Liu S. Modern UML modeling tools for software engineering // Journal of Software Engineering and Applications. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 45–60.
3. Wirth N. Modern C++20: A comprehensive guide. – O'Reilly Media, 2022. – N.p.