

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАДАЧАХ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

USE OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE TASKS OF TRAFFIC ORGANIZATION

**Самчук В.П., к.т.н., доц., Пустюльга С.І., д.т.н., проф.,
Кислюк Д.Я., к.т.н., доц., Пахوليук О.А., к.т.н., доц. (Луцький
національний технічний університет), Савенко В.І., к.т.н., проф.
(Київський національний університет будівництва та архітектури)**

**Samchuk V., Ph.D., Ass. Prof., Pustiulha S., D.Sc., prof., Kysliuk D.,
Ph.D., Ass. Prof., Pakholiuk O., Ass. Prof. (Lutsk National Technical
University), Savenko V., Ph.D., prof. (Kyiv National University of
Construction and Architecture)**

У роботі проведено аналіз найбільш популярних програмних комплексів, призначених для вирішення задач проектування дорожнього руху та транспортного моделювання. Визначено коло завдань, для яких найкраще підходить використання тих чи інших програм. Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє не лише оптимізувати методи проектування та управління дорожнім рухом, але й забезпечує точну інформацію щодо прогнозування транспортних потоків, враховуючи різноманітні фактори, такі як кількість транспорту, погодні умови, розташування перехресть та вузлів інфраструктури. Результати аналізу надають можливість визначити найбільш підходящі програмні засоби для конкретних завдань, що сприяє покращенню якості проектування та ефективності управління дорожнім рухом у сучасному міському середовищі.

Traffic management is a challenging task, especially in the face of growing traffic, urban development, and urban agglomerations. Road congestion, suboptimal intersection operations, insufficient safety for road users, and low traffic speeds are becoming urgent problems of modern urban infrastructures.

The analysis of literature sources shows that publications devoted to solving problems related to traffic management do not contain works where these software tools would be considered in a complex, taking into account the possibilities of their integration to solve priority tasks in this area.

The purpose of this paper is to review and analyze software tools used to solve traffic management issues. The main task is to determine the functionality and areas of effective use of such programs, compare their capabilities for optimizing various aspects of traffic, and formulate recommendations for their use in practical scenarios of transport infrastructure management.

There are a large number of software packages available to solve tasks related to traffic management. The publication covers the most popular ones, according to the

authors, namely: PTV Group, Akcelik SIDRA Intersection, TRL Junctions, Roadmetry VTC, JCT Consultancy quickGreen and MathWorks RoadRunner.

The paper analyzes the most popular software packages designed to solve traffic design and transportation modeling problems. The range of tasks for which certain programs are best suited is determined.

The use of modern information technologies not only optimizes traffic design and management methods, but also provides accurate information on traffic flow forecasting, taking into account various factors such as the number of vehicles, weather conditions, location of intersections and infrastructure nodes. The results of the analysis make it possible to determine the most appropriate software tools for specific tasks, which helps to improve the quality of design and efficiency of traffic management in the modern urban environment.

Ключові слова: інформаційне моделювання міського середовища, управління дорожнім рухом, моделювання дорожнього руху, міська логістика, комп'ютерне проектування, екологічна стійкість.

Keywords: information modeling of the urban environment, traffic management, traffic modelling, city logistics, computer-aided design, environmental sustainability.

Постановка проблеми. Організація дорожнього руху є складним завданням, особливо в умовах зростаючого автотранспортного потоку, розвитку міст та міських агломерацій. Перевантаженість доріг, неоптимальні режими роботи перехресть, недостатня безпека для учасників руху, а також низька швидкість руху стають актуальними проблемами сучасних міських інфраструктур [1].

Зростаюча кількість автотранспорту призводить до появи транспортних заторів, що не лише ускладнює переміщення містян, але й негативно впливає на економіку та екологію. Більшість міст відчувають недоліки в системі організації дорожнього руху, включаючи нестачу або неефективне використання світлофорів, неправильне розташування зупинкових пунктів громадського транспорту та переходів для пішоходів, а також низьку ефективність дорожньої безпеки.

Такі проблеми потребують системного підходу до їх вирішення, включаючи використання сучасних інформаційних технологій та програмних засобів для транспортного моделювання. Використання та розвиток програмного забезпечення, спрямованого на оптимізацію дорожнього руху, може допомогти знизити транспортні затори, підвищити безпеку та покращити загальний рівень комфорту у міському середовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню різних аспектів організації дорожнього руху та транспортного моделювання присвячено чимало робіт науковців. У своїх працях вони аналізують не лише технічні аспекти проектування та управління дорожнім рухом, але й враховують соціально-економічні та екологічні впливи, що дозволяє створювати більш комплексні та ефективні стратегії для вирішення

актуальних проблем у сфері транспортної інфраструктури.

Слід відмітити роботу [2], присвячену моделюванню сценаріїв динаміки мережевого трафіку. У ній наводяться результати оцінки отриманої моделі дорожньої інфраструктури як на рівні транспортного засобу, так і на рівні пасажиропотоку.

У роботі [3] виконано порівняння моделей транспортних вузлів із регульованими перехрестями на основі множин динамічних параметрів. Порівнюються два аналітичні підходи до моделювання регульованих мереж перехресть стосовно оцінки якості їх координації та аналізу пропускнуої здатності.

У роботі [4] дослідники вирішували завдання покращення продуктивності сучасних систем управління дорожнім рухом у світлі проблем, з якими зіткнуться «розумні міста» майбутнього. У ній досліджується управління трафіком на основі використання динамічних адаптивних технологій.

Питанням автоматизації дорожнього руху та керування трафіком присвячена публікація [5]. У ній автори розробили оптимальну стратегію керування рухом для коридорів із транспортних засобів різного типу та призначення.

Проектуванню імітаційних моделей логістики міста з використанням програмного забезпечення присвячена публікація [6]. У ній за допомогою програмного забезпечення PTV розроблено імітаційну модель інфраструктури дорожнього руху в окремій зоні важливого перехрестя. Досліджено та проаналізовано можливі наслідки реконструкції перехрестя, а також вплив цих заходів на потік дорожнього руху в логістиці міста.

Аналіз літературних джерел свідчить, що у публікаціях, присвячених організації дорожнього руху, зокрема, у роботах, які аналізують застосування програмних засобів, зустрічається розгляд окремих аспектів, таких як моделювання дорожнього руху, оптимізація роботи світлофорних систем, влаштування велосипедних доріжок, пішохідних переходів та інших складових частин інфраструктури дорожнього руху. Проте відсутні роботи, де ці програмні засоби розглядалися б в комплексі, з урахуванням можливостей їх інтеграції для вирішення низки пріоритетних завдань з організації дорожнього руху. Такий підхід дозволив би отримати більш повний та об'єктивний образ впливу програмних засобів на організацію дорожнього руху і сприяв би розробці більш ефективних стратегій управління дорожнім рухом.

Крім того, у проаналізованих роботах не були розглянуті такі важливі питання, як класифікація та рекомендації з вибору саме такого програмного забезпечення, яке б вимагало мінімальних витрат на придбання, супровід та інтеграцію в технологічний процес проектування і забезпечувало вирішення необхідних задач організації дорожнього руху та транспортного моделювання.

Формулювання цілей статті. Відтак, актуальним завданням є аналіз та дослідження найбільш популярного програмного забезпечення, яке використовується для проектування дорожнього руху з позицій його можливостей, наявних переваг і недоліків.

Метою даної роботи є огляд та аналіз програмних засобів, що застосовуються для вирішення питань організації дорожнього руху. Основним завданням є визначення функціоналу та сфер ефективного використання таких програм, порівняння їх можливостей для оптимізації різних аспектів дорожнього руху, а також формулювання рекомендацій щодо їх використання у практичних сценаріях управління транспортною інфраструктурою.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення задач, пов'язаних з організацією дорожнього руху, існує велика кількість програмних засобів. Найбільш популярними серед них, на нашу думку, є: PTV Group, Akcelik SIDRA Intersection, TRL Junctions, Roadmetry VTC, JCT Consultancy quickGreen та MathWorks RoadRunner.

PTV Group – це відома компанія, яка спеціалізується на розробці програмного забезпечення для транспортної та логістичної індустрії. Їх програмні продукти використовуються для оптимізації транспортних процесів, планування маршрутів, аналізу трафіку та інших пов'язаних завдань (рис. 1). Основні програмні засоби, які випускає PTV Group, включають: PTV Vision Traffic Suite, PTV Visum, PTV Vissim.



Рисунок 1 – Транспортне моделювання в PTV Vissim

Основні завдання, для вирішення яких застосування програм PTV Group буде найбільш ефективним:

- оптимізація транспортних мереж для забезпечення їх ефективності та оптимальної пропускної здатності;

- планування транспортних рейсів і доставок, розрахунок часу доставки та витрати палива;
- аналіз трафіку та безпеки на дорогах з врахуванням різних факторів, зокрема об'єму та швидкості руху;
- прогнозування обсягів транспортних потоків та попиту на транспортні послуги.

Слід звернути увагу і на те, що програми PTV Group потребують значних обчислювальних ресурсів для складних моделей, додаткових модулів або плагінів для комплексного аналізу безпеки, а також мають високу вартість ліцензії, що може бути перешкодою для використання у невеликих організаціях.

Akcelik SIDRA Intersection – потужний програмний засіб, розроблений для моделювання, аналізу та оптимізації роботи перехресть (рис. 2). Цей інструмент дозволяє інженерам, планувальникам та урядовим установам вирішувати різноманітні завдання, пов'язані з покращенням дорожнього руху та безпеки на дорогах.

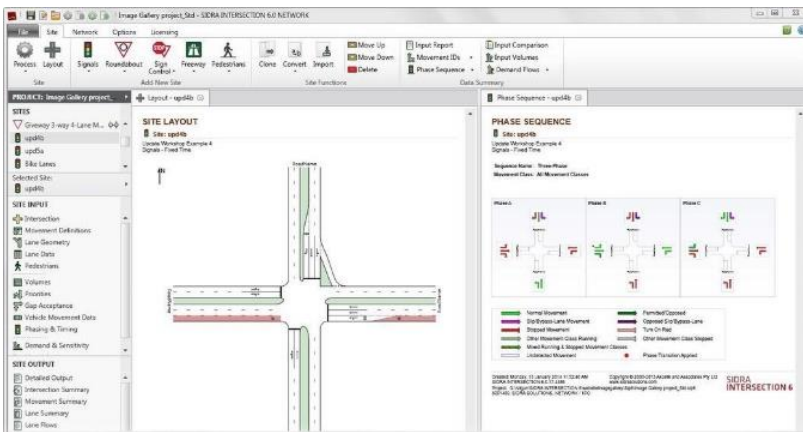


Рисунок 2 – Моделювання перехрестя в Akcelik SIDRA Intersection

Основні задачі, для вирішення яких застосування Akcelik SIDRA Intersection є найбільш ефективним:

- оптимізація роботи перехресть, включаючи розташування та параметри світлофорів, а також розташування та визначення розмірів зупинкових пунктів;
- моделювання впливу нових проєктів реконструкції або розширення існуючих дорожніх мереж на роботу перехрестя;
- покращення безпеки дорожнього руху завдяки аналізу різних аспектів безпеки на перехрестях: точок конфлікту, швидкості руху та видимості;

– аналіз руху пішоходів та взаємодії їх з транспортом.

До слабких сторін програми Akcelik SIDRA Intersection слід віднести її орієнтованість на окремі перехрестя, а не на великі мережі доріг, врахування обмеженої кількості факторів при аналізі трафіку в міських умовах та відсутність можливості багатофакторного аналізу при розробці нових транспортних проєктів.

TRL Junctions – програмний засіб, розроблений Лабораторією транспортних досліджень (TRL), що спеціалізується на аналізі та плануванні транспортної інфраструктури (рис. 3). Цей інструмент призначений для моделювання та оптимізації роботи перехресть та вузлів дорожньої мережі з метою поліпшення руху транспорту та зменшення транспортних заторів.

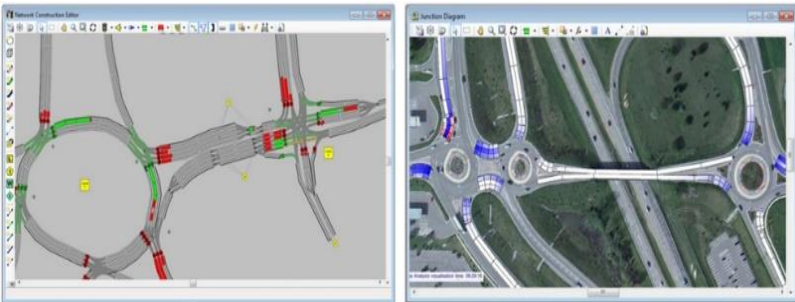


Рисунок 3 – Моделювання транспортної інфраструктури в TRL Junctions

Основні задачі, для вирішення яких застосування TRL Junctions є найбільш ефективним:

- оптимізація роботи перехресть, включаючи різні варіанти регулювання руху, розташування та параметрів світлофорів;
- моделювання впливу нових проєктів, реконструкції або розширення існуючих дорожніх мереж на роботу перехресть;
- покращення безпеки дорожнього руху на основі аналізу точок конфлікту, швидкості руху та видимості;
- оцінка роботи вузлів дорожньої мережі, включаючи взаємодію між різними перехрестями та транспортними вузлами.

До слабких сторін TRL Junctions слід віднести обмежені можливості для аналізу безпеки, а також її орієнтованість на моделювання перехресть, у зв'язку з чим мало уваги приділяється іншим аспектам дорожнього руху.

Roadmetry VTC – програмне забезпечення, спрямоване на вирішення різних завдань в області дорожнього руху та транспортної інфраструктури. Воно розроблене для моделювання, аналізу та оптимізації руху транспорту на вулицях та дорогах (рис. 4).

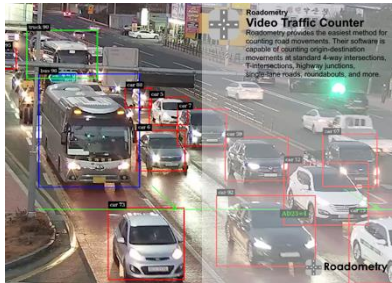


Рисунок 4 – Аналіз руху транспорту на дорогах в Roadmetry VTC

Основні задачі, для вирішення яких застосування Roadmetry VTC є найбільш ефективним:

- оцінка потоків транспорту на різних вулицях та дорогах;
- моделювання роботи світлофорних регулювань;
- аналіз руху пішоходів, їх поведінки та взаємодії з транспортом;
- оптимізація інфраструктури, що включає в себе розширення доріг, зміну розташування світлофорів або пішохідних переходів тощо.

До слабких сторін Roadmetry VTC відносяться обмежені можливості з оптимізації світлофорів та недостатній інструментарій для розробки нових комплексних проєктів.

JCT Consultancy quickGreen – програмне забезпечення, розроблене консалтинговою компанією JCT Consultancy для оптимізації роботи світлофорів на перехрестях доріг (рис. 5).

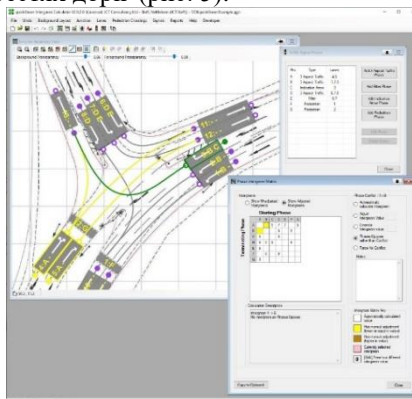


Рисунок 5 – Оптимізація роботи світлофорів на перехресті у JCT Consultancy quickGreen

Цей інструмент призначений для покращення ефективності руху транспорту та зменшення часу очікування на перехрестях.

Основні задачі, для вирішення яких застосування JCT Consultancy quickGreen є найбільш ефективним:

- оптимізація роботи світлофорів;
- моделювання руху транспорту на перехрестях;
- покращення пропускної здатності перехресть;
- зменшення викидів шкідливих речовин.

До слабких сторін JCT Consultancy quickGreen слід віднести її спеціалізацію на світлофорних перехрестях, обмежені можливості аналізу складного трафіку, відсутність фокусу на комплексному аналізі безпеки та не достатню гнучкість при розробці великих інфраструктурних проєктів.

MathWorks RoadRunner – програмний засіб, розроблений компанією MathWorks для моделювання та аналізу різних аспектів дорожнього руху та транспортної інфраструктури (рис. 6). Цей інструмент дозволяє інженерам та планувальникам управляти проєктами з покращення дорожнього руху та ефективно вирішувати різноманітні завдання.



Рисунок 6 – Аналіз режимів роботи світлофорів на перехресті в MathWorks RoadRunner

Основні задачі, для вирішення яких застосування MathWorks RoadRunner є найбільш ефективним:

- моделювання дорожнього руху на дорогах та перехрестях;
- оптимізація трафіку (робота світлофорів, розташування зупинкових пунктів тощо);
- аналіз різних аспектів безпеки дорожнього руху;
- планування, вдосконалення і розвиток об'єктів інфраструктури.

До обмежень MathWorks RoadRunner можна віднести те, що основний

акцент програми зосереджений на візуалізації. Це супроводжується недостатньою кількістю інструментів для детального моделювання трафіку та розробки нових проєктів.

Огляд функціональних можливостей програм виявив, що кожна з них має свої унікальні можливості та призначена для вирішення певних пріоритетних завдань.

Систематизуємо отримані дані аналізу програмних засобів в табличній формі, таблиця 1.

Таблиця 1 – Порівняння функціональних можливостей програмних засобів проєктування організації дорожнього руху

| Програмне забезпечення | Моделювання руху транспорту | Оптимізація світлофорів | Аналіз трафіку | Аналіз безпеки дорожнього руху | Розробка нових проєктів |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| PTV Group | Так | Так | Так | Так | Так |
| Akcelik SIDRA Intersection | Ні | Так | Ні | Так | Ні |
| TRL Junctions | Ні | Так | Так | Ні | Так |
| Roadmetry VTC | Так | Ні | Так | Так | Ні |
| JCT Consultancy quickGreen | Ні | Так | Ні | Ні | Ні |
| MathWorks RoadRunner | Так | Так | Так | Так | Так |

Висновки. Проаналізувавши найбільш відоме програмне забезпечення, виявлено, що кожна із програм має свою сферу використання, а раціональність їх застосування прямо залежить від особливостей вирішуваних практичних завдань проєктування.

Отже, можна стверджувати, що використання сучасних інформаційних технологій дозволяє не лише оптимізувати методи проєктування та управління дорожнім рухом, але й забезпечує точну інформацію щодо прогнозування транспортних потоків, враховуючи різноманітні фактори, такі як об'єм транспорту, погодні умови, розташування перехресть та вузлів інфраструктури. Результати аналізу надають можливість визначити програмні засоби які найкраще підходять для вирішення конкретних завдань, що сприяє покращенню якості проєктування та ефективності управління дорожнім рухом у сучасному міському середовищі.

References

1. Fahimnia, B., Bell, M., Hensher, D., Sarkis, J. (2015). Green Logistics and Transportation: A Sustainable Supply Chain Perspective. Cham: Springer.
2. Oh, S., Lentzakis, A. F., Seshadri, R., & Ben-Akiva, M. (2021). Impacts of Automated Mobility-on-Demand on traffic dynamics, energy and emissions: A case study of Singapore. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 110, 102327.
3. Akcelik, R. (2016). Comparing Lane Based and Lane-group Based Models of Signalised Intersection Networks. *International Symposium on Enhancing Highway Performance (ISEHP)*, June 14-16, 2016, Berlin, 15, 208–219.
4. Tareh, A.A.R., & Zghair, N.A.K. (2023). Redesign of the communications network based on high availability of traffic management technologies to improve the communication. *Measurement: Sensors*, 27, 100776.
5. Amirgholy, M., Shahabi, M., & Oliver Gao, H. (2020). Traffic automation and lane management for communicant, autonomous, and human-driven vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 111, 477–495.
6. Kučera, T., & Chocholáč, J. (2021). Design of the City Logistics Simulation Model Using PTV VISSIM Software. *International Scientific Conference “Horizons of Railway Transport 2020”*, 53, 258–265.

Література

1. Fahimnia B., Bell M. G. H., Hensher D. A., Sarkis J. Green Logistics and Transportation: A Sustainable Supply Chain Perspective. Springer, 2015. 198 с. ISBN 978-3-319-17181-4.
2. Oh S., Lentzakis A. F., Seshadri R., Ben-Akiva M. Impacts of Automated Mobility-on-Demand on traffic dynamics, energy and emissions: A case study of Singapore. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2021. Вип. 110. С. 102327.
3. Akcelik R. Comparing Lane Based and Lane-group Based Models of Signalised Intersection Networks. *Transportation Research Procedia*. 2016. Вип. 15. С. 208–219.
4. Tareh A. A. R., Zghair N. A. K. Redesign of the communications network based on high availability of traffic management technologies to improve the communication. *Measurement: Sensors*. 2023. Вип. 27. С. 100776.
5. Amirgholy M., Shahabi M., Oliver Gao H. Traffic automation and lane management for communicant, autonomous, and human-driven vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2020. Вип. 111. С. 477–495.
6. Kučera T., Chocholáč J. Design of the City Logistics Simulation Model Using PTV VISSIM Software. *Transportation Research Procedia*. 2021. Вип. 53. С. 258–265.