

УДК 004.94(045)

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В. І. Зацерковний, д-р техн. наук,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

vitallii.zatsekovnyi@gmail.com

І. В. Тішаєв, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ivantishaev@gmail.com

О. В. Кобрін

Національний авіаційний університет

Проблема перевантаженості доріг (транспортних мереж) вирішується двома способами — або за рахунок збільшення фактичних розмірів транспортної мережі (збільшення кількості смуг руху, побудова нових доріг, автомобільних мостів, розв'язок тощо), або за рахунок поліпшення процесу керування транспортними потоками. Підвищити ефективність транспортних мереж можна за допомогою інформаційних технологій передусім геоінформаційних. Традиційне картографування автомобільних шляхів виконується при топографічному зніманні місцевості з метою створення чи оновлення в першу чергу, топографічних карт у визначеному масштабі. Транспортна модель являє собою програмний комплекс, що складається з інформаційних і розрахункових блоків. На основі технологій ArcGIS здійснюється управління транспортною сферою сотень міст і регіонів у всьому світі.

Ключові слова: геоінформаційна система, геоінформаційні технології, транспортна система, транспортна модель, вулично-дорожня мережа, транспортна інфраструктура.

The problem of road congestion (transport networks) can be solved in two ways - by increasing the size of the actual transport network (increase in the number of traffic lanes, construction of new roads, road bridges, interchanges, etc.) or by improving traffic management process. Improve the efficiency of transport networks is possible with the help of information technology, particularly geographic information technology. Traditional mapping of highways performed when surveying the area in order to create or update the first topographic maps to scale. Transport model is a program consisting of information and settlement units. On the basis of ArcGIS technology manages the sphere of transport of hundreds of cities and regions throughout the world. According to the GDF standard, depending on the granularity of data presentation on the main road elements of road infrastructure data model are considered at three levels. Model nodes logically linked data allowed maneuvers (turns, reversals or their prohibition, etc.).

Keywords: geographic information systems, geographic information technology, transport system transport model, road network, transport infrastructure.

Вступ

У зв'язку із постійним збільшенням кількості транспортних засобів (ТЗ) транспортна мережа найчастіше зазнає перевантажень, що спричинює багатогодинні пробки, ускладнення руху пішоходів, погіршення дорожнього полотна, збільшення кількості аварій тощо.

Інтенсивність руху автомобілів та зміна пріоритетності його напрямків руху можуть достатньо сильно змінюватись (наприклад вранці до центру населеного пункту, ввечері з центру), залежно від часу доби, дня тижня, загальнодержавних свят тощо.

Це потребує використання автоматизованої інформаційної системи керування дорожнім рухом, оскільки для ефективного керування система повинна в режимі реального часу змінювати власні параметри, адаптуючись під зміни транспортних потоків.

Проблема перевантаженості доріг вирішується двома способами — або за рахунок збільшення фактичних розмірів транспортної мережі (збільшення кількості смуг руху, побудова нових доріг, автомобільних мостів, розв'язків тощо), або за рахунок покращення процесу управління транспортними потоками.

Але для більшості населених пунктів, перед усім міст, уже неможливо змінити розмір проїжджої частини, а її удосконалення не є тривіальним завданням і потребує значних інвестицій.

Найбільш привабливим здається другий спосіб — підвищення ефективності управління транспортними потоками за рахунок використання інформаційних технологій, передусім, геоінформаційних, оскільки мережевий аналіз є суто геоінформаційною задачею, а геоінформаційні системи (ГІС) — оптимальною платформою для комплексних рішень у сфері транспорту [1].

Це дозволить використовувати в повному обсязі просторову і атрибутивну інформацію, що в свою чергу, дасть змогу приймати адекватні управлінські рішення з ефективного обслуговування автомобільних доріг.

Один із головних компонентів цієї автоматизованої ГІС — картографічний, який призначений для оперативного відображення (візуалізації) процесу переміщення ТЗ по даній території, а також для автоматизованого проведення різних картографічних побудов і геометричних вимірів при електронному відображенні даної території.

Одним з ефективних геоінформаційних програмних продуктів є ArcGIS Network Analyst — потужний засіб для розрахунку побудови маршрутів руху транспортних засобів, який дозволяє здійснювати просторовий аналіз транспортних мереж [2].

Постановка проблеми

Вимоги до точності визначення ТЗ на міських територіях доволі високі і різноманітні. Це створює певні проблеми щодо застосування картографічного матеріалу. Якщо для аналізу або моніторингу транспортної системи в регіоні або державі можна використовувати цифрові карти в масштабі 1:200 000 (дорожня мережа інтерпретується як лінійний об'єкт), то для аналізу території міста (населеного пункту), вимоги до визначення місця положення транспортного засобу суттєво зростають (одиниці метрів) і потребує використання планів.

Лінійними виступають також й інженерні комунікації (ЛЕП, газопровід тощо). Для кожного з цих наборів відповідають певні класи просторових об'єктів, які мають свої атрибути та різну геометричну інтерпретацію.

Для керування транспортною мережею міста повинні використовуватись крупномасштабні топографічні карти (в 1 см — 50–250 м), що побудовані в проекції Гауса–Крюгера. Плоскі прямокутні координати Гауса–Крюгера є відносними координатами точок поверхні Землі, які редуковані на поверхню відповідного національного референц-еліпсоїда. В той же час, приймачі/вимірювачі супутникових радіонавігаційних систем (РНС) працюють в абсолютній просторовій геоцентричній системі декартових координат (X, Y, Z) [3].

Отже, при створенні картографічного забезпечення транспортної ГІС потрібно обов'язково враховувати ці аспекти.

А щоб мати змогу приймати більш науково-обґрунтовані рішення щодо оптимізації та пріоритетних шляхів удосконалення транспортної системи, потрібно створити автоматизовану сис-

тему, яка надасть можливість аналізувати важливі параметри транспортної мережі та транспортних потоків.

Аналіз досліджень і публікацій

Вплив окремих факторів на зміну швидкостей руху автомобілів оцінювався вченими О. К. Бірульою, Ю. В. Слободчиковим, Ю. М. Ситниковим, А. П. Васильєвим, В. В. Сильяновим, М. Б. Афанасьєвим, Г. І. Клинковштейном, О. А. Дивочкиним.

Методи розрахунку швидкостей руху окремих автомобілів і транспортних потоків на автомобільних дорогах пропонувались В. Ф. Бабковим, А. Є. Вельським, Н. Ф. Хорошиловим, Л. А. Кероглу, Ю. О. Карпінським, Я. В. Хомяком, В. В. Филипповим, А. В. Кацом, Б. Б. Анохіним. Проте треба відзначити, що запропоновані авторами залежності не дозволяють урахувати комплекс факторів, що визначають транспортно-експлуатаційний стан вулично-дорожньої мережі, характеристики транспортних потоків, можливості покращення результатів за рахунок використання геоінформаційних технологій (ГІТ).

Мета роботи — розробка вимог до програмного забезпечення ГІС та створення картографічної основи системи яка забезпечить можливість геопросторового і техніко-експлуатаційного аналізу стану дорожнього полотна, завантаженості доріг, паркування тощо).

Дослідження транспортної системи та динаміки руху транспортних потоків

Програмне забезпечення (ПЗ) створюваної системи повинне складатись із п'яти компонент — системного, спеціалізованого, тестового, сервісного і системи керування банком даних.

Системне ПЗ — це операційна система, яка забезпечує роботу сервера і бортових комп'ютерів і зв'язок із зовнішніми пристроями, передусім з диспетчерським центром.

Спеціалізоване ПЗ — відкрита модульна система, яка виконує основні функції радіонавігаційної системи управління, диспетчеризацію програм, формування повідомлень в систему, контроль збереження і захисту інформації, що циркулює в системі. Основні функції спеціалізованого ПЗ полягають у забезпеченні обміну цифровою інформацією між диспетчерським центром та навігаційною і транспортною системами, веденні оперативної бази для відображення ТЗ на основі вимірних значень радіонавігаційних приладів або прийнятих геодезичних координат, візуалізації електронної карти і місця положення ТЗ на дисплеї, визначення координат об'єктів, відстаней, азимутів, площ, побудова профілів місцевості, зон радіовидимості зв'язку тощо.

ПЗ обміну цифровою інформацією між диспетчерським центром і суб'єктами транспортної ГІС залежить від виду радіозв'язку, типів радіо модемів і режимів роботи радіонавігаційної системи управління. Опитування суб'єктів (*polling*) може відбуватись за запитом і за розкладом. У першому випадку сервер (комп'ютери) диспетчерського пункту надсилає кодограми індивідуального, групового або циркулярного опитування. У другому випадку апаратура суб'єктів надсилає на диспетчерський пункт свої повідомлення у виділеній часовій ділянці кадра, який задається диспетчерським пунктом і який синхронізується за системною часовою шкалою, що використовується для визначення місця розташування ТЗ радіонавігаційною системою. При цьому обов'язково потрібно передбачити оперативне реагування сервера (комп'ютерів) диспетчерського центру на сигнал тривоги від ТЗ (суб'єкту), що потрапив у надзвичайну ситуацію.

Програмне забезпечення оперативної бази картографічної інформації забезпечує звернення до цифрових моделей місцевості (ЦММ), які постійно зберігаються пам'яті сервера (комп'ютерів) диспетчерського центру і бортових комп'ютерах ТЗ, формування ЦММ потрібної ділянки необхідного масштабу і її підготовку до візуалізації на дисплеї диспетчерського центру або водія.

Програмне забезпечення формування інформації для відображення місця розташування суб'єкта системи здійснює перетворення значень радіонавігаційних приладів або геодезичних координат в дисплейні координати, за допомогою яких програма візуалізації забезпечує відображення поточного місця розташування ТЗ на фоні електронної карти відповідної ділянки місцевості, по якій рухається ТЗ.

Тестове ПЗ дозволяє перевірити правильність функціонування будь-якої із використовуваних у ГІС програм.

Сервісне ПЗ забезпечує додаткові функціональні можливості транспортної ГІС у залежності від видів транспортно-технологічних операцій, які обслуговує конкретна ГІС.

Програмне забезпечення диспетчерського центру складається з постійної і змінної частини (драйвери навігаційної апаратури і апаратури зв'язку, датчики стану рухомих об'єктів).

Драйвери навігаційної підсистеми забезпечують:

1. Роботу з будь-якими приймачами засобів радіонавігації;
2. Спільну обробку даних від навігаційних приймачів і від бортових датчиків курсу, пройденого шляху (одометри) і заднього ходу;

3. Регулярне оновлення навігаційної інформації. Драйвери телекомунікаційної підсистеми забезпечують:

1. Радіотелефонний зв'язок даного стандарту;
2. Передачу даних незалежно від голосового зв'язку;
3. Передачу даних у режимі розподілу часу (off-line), за запитом із диспетчерського центру або в реальному часі (on-line);
4. Автоматичне оновлення інформації диспетчерському центрі.

Драйвери електронно-картографічного забезпечення дають можливість:

- автоматично брати суб'єкта на диспетчерське обслуговування при виході його на маршрут;
- виводити за запитом радіооператора на дисплей місцеположення, курс, швидкість і час останнього отримання, навігаційної інформації для будь-якого суб'єкта системи;
- автоматично висвітлювати «тривожний» суб'єкт системи і подати звукове оповіщення про нього відразу після спрацьовування датчика охоронної сигналізації;
- редукувати місцеположення ТЗ на зображенні дорожньо-транспортної мережі;
- центрувати електронну карту на екрані відносно місцеположення виділеного ТЗ;
- проводити автоматичний циркулярний опит (*polling*) ТЗ;
- автоматично перемикає аркуші цифрової карти в режимі стеження виділеного ТЗ;
- автоматично або вручну прокладати маршрут прямування ТЗ, а також сигналізувати про відхилення від маршруту;
- протоколювати маршрут переміщення ТЗ;
- переглядати маршрутні протоколи («післярейсовий» контроль);
- працювати з растровими (відсканованими) картами і схемами;
- оперативно коригувати цифрові карти місцевості при зміні поточної автодорожньої ситуації;
- організовувати диференційний режим роботи системи координатно-часового забезпечення і введення поправок на умови розповсюдження радіонавігаційних сигналів;
- забезпечувати функціонування сервісних програм.

У зв'язку з розташуванням України в географічному центрі Європи, країна, у сфері міжнародних транспортних перевезень виходить далеко за межі своїх інтересів. Чернігівська область за своєю територією посідає друге місце в Україні. Область містить 22 адміністративних райони. Має унікальні природні ландшафти, різноманітні біологічні різновиди.

Залізничний, автобусний та річковий види транспорту пов'язують Чернігів із багатьма містами і країнами світу (рис. 1).



Рис. 1. Транспортна мережа Чернігівської області

Через Чернігівську область проходить Критський міжнародний коридор № 9 (Нові Яриловиці–Чернігів–Кіпті–Київ–Любашівка–Платонове), що поєднує Україну, Республіку Білорусь, Російську Федерацію, Польщу, Скандинавію і Західну Європу. Найбільша інтенсивність руху на автомобільних шляхах поблизу великих міст та біля великих прикордонних пунктів — 15–20 тис. ТЗ на добу, середня інтенсивність руху на автомобільних магістралях країни — 6–14 тис. ТЗ на добу. Чернігів має пряме пасажирське сполучення як на внутрішніх залізничних магістралях України (з містами Сімферополем, Львовом тощо), так і за її межами (із Москвою та Мінськом та ін.) [4].

Автотранспортом щорічно перевозять понад 55 млн пасажирів, більш як 2 млн тонн вантажів. Найбільша кількість автотранспортних засобів зосереджена в Чернігові, Ніжині та Прилуках.

Пасажирський транспорт відіграє важливу роль у соціально-економічному розвитку Чернігівської області [4].

Основу міського транспорту Чернігова складають маршрутні таксі, автобуси, тролейбуси. Головними магістралями міста є проспект Миру, проспект Перемоги та вул. Шевченка, вул. Щорса, вул. Толстого, вул. Рокосовського та вул. 1-го Травня.

Чернігівщина має розгалужену систему регіональних водних шляхів. Судноплавство розвинене по Дніпру, Десні, Сожі, частково по Сноу та Сейму. Важливою водною артерією є річка Десна. Основним перевізником навалювальних і генеральних вантажів є ВАТ «Чернігівський річковий порт». Він облаштований під'їзними залізничними і автомобільними шляхами.

Аеропорт «Чернігів» зараз перебуває у законсервованому стані, повітряне сполучення відсутнє.

Загалом територія області характеризується порівняно невисоким коефіцієнтом транспортної

доступності, а найбільше значення цього показника спостерігається в Ніжинському районі.

На умови руху автомобілів впливають фактори, які ускладнюють розрахункові методи визначення швидкостей пасажирських видів транспорту. Тому серед більшості факторів виділяють фактори, що є домінуючими відносно до інших.

До факторів, що використовуються при аналізі режиму швидкості легкових автомобілів належать: інтенсивність і склад руху транспортного потоку; наявність об'єктів світлофорного регулювання транспортних та пішохідних потоків, а також відстань між ними; ширина проїжджої частини та кількості смуг; повздовжній нахил; рівність покриття; погоднокліматичні умови; наявність заїзду на пункті зупинки громадського транспорту (ГТ).

Проте швидкість руху ГТ визначає маршрутний принцип його роботи.

Тому необхідно розглядати наявність обладнаних зупинок та відстаней між ними, організацію переважачого пропуску ГТ на магістральній мережі міста, а також режими роботи автобусів на маршрутах.

Основні принципи та структура транспортної мережі міста

Топологія, що встановлює просторові відношення між геооб'єктами, є основною властивістю що забезпечує якість даних.

ПЗ ArcGIS має потужний інструментарій аналізу просторової інформації, дозволяє працювати з різнорідними даними і базами геоданих (БГД). Широкий функціонал цього ПЗ дозволяє самостійно розв'язувати безліч завдань у найрізноманітніших прикладних сферах. За своїм змістом і структурою геопросторові дані для навігаційних ГІС складають цифрову інформаційну модель середовища функціонування транспортних систем.

Вимоги до складу, структури та рівнів геопросторових моделей дорожньої інфраструктури визначені в специфікаціях проекту міжнародного стандарту ISO/GDF (Geographic Data File — файл географічних даних), який розроблено за проектом Європейського Союзу по створенню цифрових карт доріг Європи (European Digital Road Map — EDRM) [6].

Відповідно до стандарту GDF залежно від деталізації подання даних про основні дорожні елементи моделі даних дорожньої інфраструктури розглядаються на трьох рівнях:

– модель рівня 0 — деталізоване подання моделі дорожніх елементів на рівні планарного графа, який відображає повну топологію просторових відношень дорожніх елементів між собою та іншими об'єктами;

– модель рівня 1 — деталізована сегментно-вузлова модель з дорожніми елементами на рівні осьових ліній ділянок окремих проїздів вулиць (шляхів) для задач «повздожнього керування»;

– модель рівня 2 — узагальнена сегментно-вузлова модель з дорожніми елементами на рівні осьових ліній ділянок вулиць (шляхів) для задач планування маршрутів, моделювання транспортних потоків з елементами «повздожнього керування» [6].

Сегментно-вузловим моделям ставиться у відповідність математична модель графа дорожньої мережі, яка використовується програмами розрахунку оптимальних маршрутів та моделювання транспортних потоків. Ділянки (сегменти) у таких моделях виділяються за конструктивними ознаками (від перехрестя до перехрестя, зміна типу дорожнього покриття, переїзди, мости, тунелі тощо) та/або за технологічними особливостями організації дорожнього руху (напрямки та рядність руху, обмеження швидкості тощо). З вузлами моделі логічно пов'язуються дані про дозволені маневри (повороти, розвороти або їх заборона тощо) [7]. Базова модель дорожньої мережі доповнюється цифровими даними про об'єкти дорожньо-транспортної інфраструктури (маршрути руху міського громадського транспорту, зупинки міського транспорту, транспортні парки та підприємства, залізниці; станції метро; мости та транспортні розв'язки; транспортні стоянки та місця для паркування, автозаправні та сервісні станції; світлофори регулювання руху на перехрестях та переходах; місцезнаходження знаків організації дорожнього руху тощо), а також просторово локалізованою оперативною інформацією про стан дороги, стан руху транспорту на окремих ділянках (затори, місця дорожньо-транспортних подій тощо). Природно, що база геопросторових даних дорожньої інфраструктури формується з використанням загальної ЦММ, яка містить просторові дані про об'єкти гідрографії, зелені насадження, будівлі та споруди з їх адресною прив'язкою, межі адміністративно-територіальних утворень, а також місцезнаходження основних об'єктів можливого масового відвідування та культурно-побутового обслуговування (готелі, лікарні, адміністративні установи, музеї, пам'ятки історії та архітектури, концертні зали, стадіони, торгові центри тощо) [8].

Побудова транспортно-дорожньої мережі з використанням ГІС

Вулично-дорожня мережа — це система транспортних і пішохідних зв'язків між елементами планувальної структури міста та частинами його території, яка призначається для організації руху

транспорту і пішоходів, прокладання інженерних комунікацій та благоустрою.

У місті прийнято розрізняти:

– швидкісні дороги, що призначені для транспортного зв'язку між міськими районами найкрупніших і крупних міст або між поселеннями в групових системах населених місць;

– магістральні вулиці і дороги загальноміського та районного значення;

– вулиці і дороги місцевого значення: житлові вулиці, дороги промислових і комунально-складських районів.

Структура вулично-дорожньої мережі залежить від розмірів міста. Місто Чернігів має таку класифікацію доріг (рис. 2):

1) міжнародного значення (маркування дороги — М-01), що проходить через всю Чернігівську область;

2) регіонального значення (маркування — Р-12, Р-56);

3) територіального значення (Т 2506);

4) дороги місцевого значення.

Важливим у рішенні транспортної інфраструктури є вибір видів громадського транспорту. Він залежить від обсягів пасажирських перевезень дальності маршрутів, а також від величини міст і їх планувальної структури.



Рис. 2. Карта транспортної системи м. Чернігів

Види транспорту, в свою чергу, впливають на планувальну організацію міста, визначаючи реальні показники (у часі) доступності різних частин міста, ступінь концентрації транспортних вузлів, щільність вулично-дорожньої мережі.

Масовий громадський міський транспорт залежно від швидкості і насиченості здатний дещо деформувати міський план, скорочувати відстані у визначених напрямках, втягуючи мешканців різних районів міста у більш активні загальноміські комунікації і активізуючи діяльність віддалених громадських центрів тощо.

Транспортна інфраструктура — найбільш діюча в планувальному відношенні технічна система міста, яка не тільки забезпечує життєві функції міста, але й істотно впливає на загальне містобудівне рішення. Рівень розвитку транспортної інфраструктури є також важливим чинником організації зв'язків населення міста та його приміських територій.

Узявши дані про завантаженість доріг, інтервал руху та пасажирооборот за допомогою програмного забезпечення ArcGIS 9.3 була побудована Карта інтенсивності руху транспорту (рис. 3).

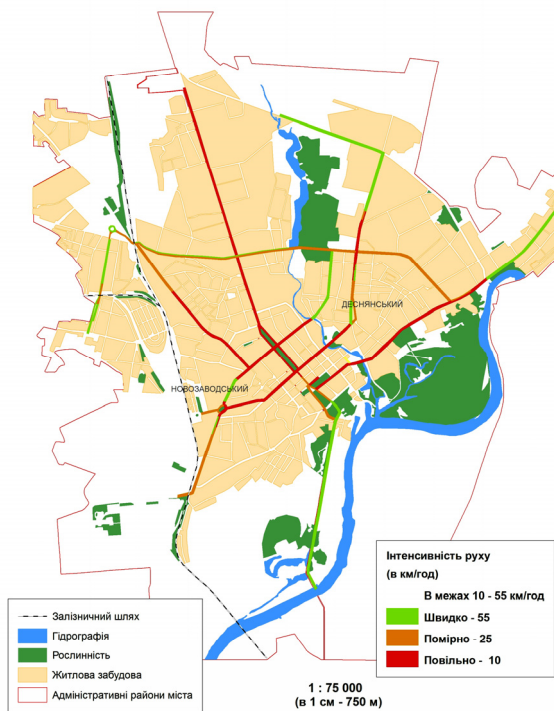


Рис. 3. Інтенсивність руху транспорту

Виявилось, що найбільша інтенсивність спостерігається в центральній частині міста. Це пов'язано з тим, що через центр проходить автомобільний шлях міжнародного значення (М-01). Як видно з рис. 3 Проспект Миру, Проспект Перемоги, вул. Івана Мазепи є найбільш завантаженими.

На карті вказано інтенсивність руху у 3 класах, яким відповідають певні значення (км/год): повільно, помірно, швидко та кольори.

Окрім пасажирського транспорту розглянуто найбільш перевантажені вузли дорожньо-транспортної мережі (рис. 4).

Вони вказують на частоту перебування транспорту в даних місцях, на перехрестях тощо.

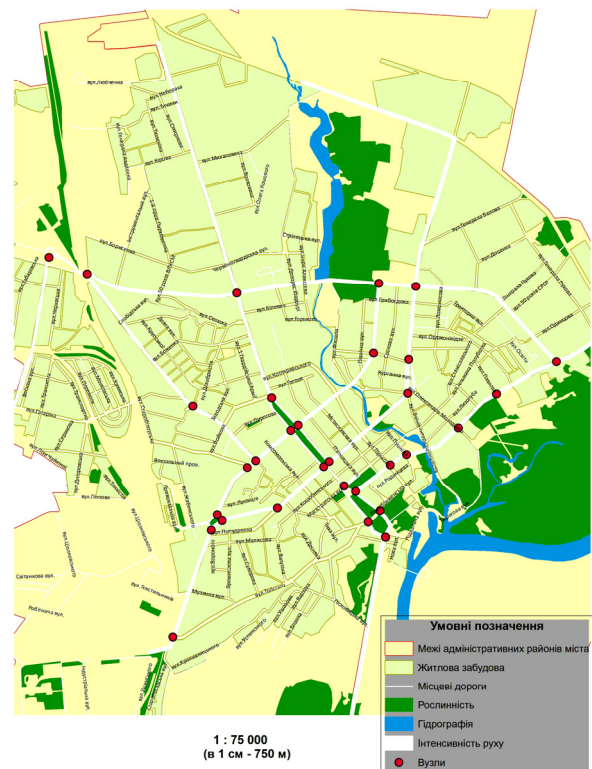


Рис. 4. Аналіз завантаженості дорожньо-транспортної мережі

Висновки

Транспортна система м. Чернігова включає автомобільний, залізничний, річковий види транспорту.

У середньому на вулицях міста спостерігається швидкість автомобіля від 55 до 75 км/год, якщо дорога не завантажена. Помірні значення швидкості варіюються в межах від 25–55 км/год, а повільні — 5–10 км/год, коли спостерігається поступове збільшення автомобілів, що утворюють затори.

Найбільш відвідуваними та завантаженими є перехрестя проспекту Миру і вул. Київської, вул. Бойової та проспекту Миру, вул. Тараса Шевченка та вул. Кільцевої, проспекту Перемоги та вул. Івана Мазепи, вул. Любецької та вул. Івана Мазепи. Запропонована ГІС дозволяє розв'язувати задачі моніторингу і управління транспортною інфраструктурою як у масштабі регіону, такі муніципальних утворень.

Ефективність розв'язку прикладних задач значно залежить від якості ЦММ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрианов В. ГИС и транспорт / В. Андрианов // ARCVIEW. Современные геоинформационные технологии. — 2007. — № 3. — С. 15–18.

2. *Зацерковний В. І.* ГІС і бази даних / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. — Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. — 492 с.

3. *Железняк О. О.* Космічні та геоінформаційні системи / О. О. Железняк, В. І. Зацерковний, В. С. Кислюк, О. Є. Ніколаєнко. — Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2016. — 374 с.

4. *Комплексний аналіз транспортної мережі міста: системно-аналітичний підхід: монографія* / [В. П. Ільчук, О. І. Панченко, О. В. Шишкіна, А. В. Тарасенко та ін.]; за наук. ред. В. П. Ільчука. — Чернігів : ЦНТІ, 2014. — 870 с.

5. *Середньострокова Програма соціально-економічного розвитку Чернігівського району на 2011–2015 роки «Чернігівський район 2015»*

Затверджено рішенням Чернігівської районної ради від 27 грудня 2011 року.

6. *ISO/Draft International Standard: GDF — Geographical Data Files. — Version 4.0. — ISO/TC 204/WG3: CD-2001-02-14.*

7. *Карпінський Ю. О.* Функції та геоінформаційне забезпечення інтелектуальних транспортних систем / Ю. О. Карпінський, А. А. Ляшенко, О. Г. Кібець, В. В. Рябій // Вісник геодезії та картографії. — 2004. — №3. — С. 71–79.

8. *Карпінський Ю. О.* Стандартизація географічної інформації: міжнародний досвід та шляхи розвитку в Україні / Ю. О. Карпінський, А. А. Ляшенко, Є. П. Волчко // Вісник геодезії та картографії. — 2002. — №3. — С. 32–38.

Стаття надійшла до редакції 24.06.2016