



ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ГІС ТА САПР У ПРОЕКТУВАННІ ДОРІГ

В связи с бурным развитием геоинформационных систем (ГИС) возникла необходимость использования их в паре или взамен систем автоматизированного проектирования (САПР) автомобильных дорог. Вопрос выбора инструментария при решении любой практической задачи довольно актуальный, поскольку он во многом определяет конечный результат ее решения. В данном исследовании рассмотрены следующие программные продукты САПР – AutoCAD Civil 3D, MicroStation, Plateia, IndorCAD/Road, RoadEng и ГИС – ArcGIS Network Analyst, MapInfo Route Finder, IndorRoad, Geomedia Transportation Analyst. Анализ программных средств осуществлен на уровне концепции и технологических особенностей геометрического проектирования дорог в соответствии с требованиями нормативных документов и использованием общепринятой терминологии.

Выявлены схожесть и отличия обеих технологий, целесообразность их использования при решении конкретных задач. Опираясь на предыдущие аналитические исследования, определены их современное состояние, тенденции и пути дальнейшего развития. Обоснованы преимущества применения ГИС в проектировании автомобильных дорог и выяснены основные причины их недостаточного использования в Украине.

Due to huge development of geoinformation system in the last years new questions appears related to the application of modern GIS tools in combination with SAD (computer-aided design) or as the replacement of SAD by highway engineering. The question of choice of tools to solve any practical task is very important as the final result of the task depends on this choice. In the study the following tools are considered: SAD – AutoCAD Civil 3D, MicroStation, Plateia, IndorCAD/Road, RoadEng and GIS – ArcGIS Network Analyst, MapInfo Route Finder, IndorRoad, Geomedia Transportation Analyst. The review of mentioned software tools is made according to the theoretical and technological features of geometric road engineering according to the existing standardized documents and usual terminology.

The similarities and differences between these two technologies (GIS and SAD) have been revealed, their applicability in solving of concrete tasks is defined. Basing on the previous analytical studies their current state, tendencies and ways of their further development are determined. Advantages of GIS technologies in highway engineering are proved and main reasons of their under-utilization in Ukraine are mentioned.

Постановка проблеми. Дорожній комплекс відіграє важливу роль у соціально-економічному розвитку країни, адже розвинена транспортна система є передумовою її економічного зростання, підвищення конкурентоспроможності національної економіки і якості життя населення. Між рівнем розвитку держави та показником густоти її дорожньої мережі існує тісна залежність.

Станом на 01.01.2015 р. при середньоевропейській густоті дорожньої мережі в 1,20 км/км² Україна з показником 0,28 км/км² опинилася серед аутсайдерів (42-ге місце з 51-го). Нас випереджають практично всі сусідні країни: Угорщина (2,15 км/км²), Чехія (1,66), Польща (1,32), Словаччина (0,90), Білорусь (0,42), Румунія (0,35 км/км²). Відставання Молдови ледь помітне (0,276 км/км²). Європейська частина сусідньої Російської Федерації має фактично співмірний показник (0,25 км/км²), і це при значно меншому показнику густоти населення та рівня освоєності території. Закономірно, що за показником валового внутрішнього продукту в Європі ми стоїмо на 47-му місці серед 51-ї країни. Все це і зумовлює необхідність невідкладного розвитку дорожньої мережі для задоволення соціально-економічних потреб та успішного виконання ролі транзитної держави [13].

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Розвиток дорожнього комплексу та підтримка його належного функціонування прямо чи опосередковано пов'язані зі створенням нових і кращою

реалізацією існуючих проектів. Одним з пріоритетних напрямків інноваційного розвитку дорожньої галузі, покращення стану транспортних комунікацій, забезпечення їх довговічності завдяки високій якості робіт є широке впровадження інформаційних технологій, зокрема в питаннях проектування та моніторингу стану доріг, моделювання транспортних потоків і довгострокового планування розвитку мережі, запровадження інтелектуальних транспортних систем, створення автоматизованих банків даних про стан доріг та мостів, удосконалення інформаційно-аналітичних систем управління дорожньою галуззю [10].

Особливістю дорожньої галузі є те, що її основні споруди – це складні інженерні лінійно-протяжні об'єкти яскраво вираженої географічної природи. Через те основна технічна документація на автомобільні дороги повинна відображатися графічно на картографічній основі або у вигляді умовних схем і креслень [1].

З-поміж множини різних видів програмних технологій, що передбачають використання графічної інформації, в дорожній галузі найбільш затребувані програмні технології ГІС та САПР. Крім того, для роботи з атрибутивною інформацією використовуються технології баз даних (БД). На різних етапах будівництва та експлуатації доріг застосовуються й інші інформаційні системи, однак найчастіше – у поєднанні [8].

Дослідженням питання проектування доріг займалося багато вчених. Величезний вклад у формування концепції інформаційного моделювання



внесли А. В. Скворцов, Д. С. Саричев; у порівняльний аналіз та оцінювання САПР-засобів – А. С. Морозов, В. П. МIRONЮК; у проектування доріг на основі 3D-моделей – Д. А. Петренко, С. С. Анісімов.

Постановка завдання. Виявлення тенденцій використання означених програмних засобів можливе лише в процесі вивчення функціональних можливостей їх поточних версій. Вибір інструменту при вирішенні будь-якої задачі на практиці багато в чому визначає кінцевий результат роботи.

Досліджувались такі програмні продукти: САПР – AutoCAD Civil 3D, MicroStation, Plateia, IndorCAD/Road, RoadEng; ГІС – ArcGIS Network Analyst, MapInfo Route Finder, IndorRoad, Geomedia Transportation Analyst. Всі ці засоби оперують одними й тими ж термінами, взаємодіючи з моделями доріг: план, поздовжній та поперечний профілі, 3D-вигляд, оскільки концепція і технологічні особливості геометричного проектування доріг строго обмежені вимогами нормативних документів.

Виклад основного матеріалу. *Географічна інформаційна система (ГІС)* – це система, призначена для збирання, зберігання, оброблення, відображення та поширення даних, а також одержання на їх основі нової інформації та знань про просторово-координовані об'єкти і явища.

Географічні інформаційні технології існують вже близько 40-ка років. Однак застосування їх користувачами зводилося переважно до створення карт. Але ж ГІС "уміють" набагато більше. Використання їхніх аналітичних можливостей допоможе з'ясувати причини розташування певних об'єктів з одночасним виявленням зв'язків між ними. При використанні ГІС у питаннях просторового аналізу вдається одержувати точну та актуальну інформацію, а також створювати нові, раніше недоступні дані. А володіння актуальною і новою інформацією допомагає ґрунтовно оцінити причини вибору місцеположення об'єкта, знайти краще рішення, завчасно передбачити і підготуватися до певних подій та умов.

Перше програмне забезпечення для інженерів-проектувальників автомобільних доріг з'явилося в світі (то ж і в Радянському Союзі) в 1960-х роках як інструмент для розрахунку трас та поздовжніх профілів. Але малі можливості тогочасних обчислювальних машин суттєво обмежували функціонування такого забезпечення. Воно зводилося до здійснення експериментів у середовищі наукових кіл. В умовах широкої доступності персональних комп'ютерів для інженерів у 1980-х відбулися істотні зміни і в сфері програмного їх забезпечення: почали створюватися програмні засоби для геометричного проектування доріг. Саме цей клас програм одержав назву "системи автоматизованого проектування", і його було віднесено до архітектурно-будівельних у широкому розумінні, з подальшим виділенням в окрему гілку [9].

Системи автоматизованого проектування (САПР) – це організаційно-технічні системи, які складаються із комплексу засобів автоматизації

проектування і входять до структури підрозділів проектної організації, що здійснюють автоматизоване проектування.

Наразі САПР широко застосовуються на всіх етапах проектування, починаючи зі збирання та камерального оброблення геодезичної інформації і завершуючи підготовкою креслень та кошторисних розрахунків. Вибір тієї чи іншої системи на кожному з етапів роботи залежить від виду проектної діяльності, масштабів реалізації проекту, а іноді й традиційного процесу використання, що утвердився в організації.

Лідером серед програм для проектування є платформа **AutoCAD** – дво- (2D) або тривимірна (3D) система автоматизованого проектування та креслення, розроблена компанією Autodesk.

Широке розповсюдження AutoCAD у світі зумовлено не в останню чергу розвинутими засобами розроблення та адаптації, що дозволяють налаштувати систему під потреби конкретних користувачів і значно розширити функціональні можливості базової системи. На платформі AutoCAD базується програмний засіб AutoCAD Civil 3D, який дає змогу працювати зі звичним графічним середовищем та засобами побудови креслень.

AutoCAD Civil 3D – це програмне рішення, що забезпечує ефективне проектування інженерних об'єктів, зокрема доріг та інфраструктури, оброблення інженерно-геодезичних вимірів. Програма включає технологію інформаційного моделювання (ВІМ). Саме тому основною особливістю програми є наявність зв'язку між об'єктами. Це дозволяє динамічно їх оновлювати за наявності взаємних зв'язків (ВІМ-сумісність). Використання ГІС-функціоналу AutoCAD Map 3D дає змогу суттєво розширити сфери застосування AutoCAD Civil 3D, поєднуючи традиційні операції при роботі з базами даних – запити й статистичний аналіз – із перевагами повноцінної візуалізації географічного (просторового) аналізу, які надає картографічне (планове) зображення [3].

Дані ГІС зберігаються у вигляді набору тематичних шарів, об'єднаних за їх географічним принципом. AutoCAD Civil 3D забезпечує простий доступ до різних форматів даних САПР та ГІС, працюючи з ними в рамках єдиного проекту. При цьому програма дозволяє працювати в одному проекті не тільки з вихідними даними в різних форматах, але й у різних системах координат.

По праву не менш достойне місце на світовому ринку САПР займає **MicroStation** – неперевершене середовище інформаційного моделювання, розроблене світовим лідером у сфері програмного забезпечення для проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг з врахуванням побажань архітекторів, інженерів, будівельників, експлуатуючих організацій та спеціалістів в області ГІС. Може застосовуватися і як окремий засіб, і як платформа для широкого спектра спеціалізованих програмних додатків Bentley та інших виробників програмного продукту.



Варто розкрити основні характеристики програмного забезпечення MicroStation:

- сумісність з іншими форматами – поєднання даних із різних архітектурних, проектних, будівельних, експлуатаційних та геопросторових додатків, включно з DGN, RealWDG, DXF, PDF, хмари точок, U3D, 3DS, Rhino 3DM, IGES, Parasolid, ACIS SAT, CGM, STEP AP203/AP215, STL, OBJ, VRMLWorld, Google Earth KML, SketchUp SKP, Collada, ESRI SHP, IFC та ін.;

- здійснення геопросторової прив'язки: автоматичне перетворення та приведення до "єдиного знаменника" геопросторової інформації з одночасною підтримкою сотень координатних систем і відображенням просторової інформації в зручному контексті;

- забезпечення взаємозв'язку проектних даних (актуальну проектну інформацію можуть переглядати в різних форматах у режимі реального часу всі учасники проекту незалежно від їх місцезнаходження);

- наявність функції адаптації – широкий набір засобів для адаптації MicroStation та обміну даними з іншими системами, включаючи самоналаштуваний користувацький інтерфейс, користувацькі макроси, підтримку VBA, >NET, C++, C# та BentleyMDL [2].

Plateia – програмний засіб, призначений для проектування, будівництва та реконструкції автомобільних доріг усіх категорій: від автомагістралей до міських вулиць і проїздів. На пострадянському просторі система відома під брендом "GeoniCS Автомобільні дороги" і розповсюджується офіційним дистриб'ютором CSoft. Система може працювати на базі платформ AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D та BricsCAD.

GeoniCS Автомобільні дороги (Plateia) складається з модулів ("Місцевість", "Осі", "Поздовжні профілі", "Поперечні перерізи", "Транспорт"), кожен з яких вирішує вузьке коло задач. Система доступна у трьох конфігураціях – Standard, Professional 3D, Ultimate 4D.

Конфігурація *Standard* має типовий набір функцій, характерних для будь-якої САПР автомобільних доріг. На відміну від неї у *Professional 3D* формується цілісна тривимірна модель дороги. Одночасно з проектуванням дороги автоматизовано процес проектування дорожніх знаків і розмітки. Для *Ultimate 4D* характерна підтримка концепції "BIM-сумісності" [7].

IndorCAD/Road призначена для виконання проектів нового будівництва, реконструкції та ремонту автомобільних доріг і міських вулиць. Система має повний набір інструментальних засобів сучасної САПР, надаючи інженеру змогу охопити повний цикл робіт з проектування об'єкта, починаючи з уведення даних інженерно-геодезичних та інженерно-геологічних вишукувань і завершуючи формуванням проектною документації згідно з діючими нормативними вимогами та стандартами [8].

Систему IndorCAD/Road розроблено із засто-

суванням сучасних алгоритмів обчислювальної геометрії, що дозволяє працювати з дуже детальними ЦМР. У випадку зміни вихідних даних відбувається автоматична перебудова моделі. Широкий набір інструментів аналізу поверхні спрямовано на формування якісної моделі рельєфу завдяки виявленню помилок, поява яких можлива на етапах знімань та оброблення вихідних даних. Однією з основних умов гарантування безпеки дорожнього руху є точний розрахунок необхідної відстані для забезпечення видимості для водіїв на автомобільній дорозі. У результаті формується загальна оцінка ЦМР та ЦММ з результуючою картограмою визначення зон видимості як для всієї траси, так і по окремих смугах руху в обох напрямках.

IndorCAD/Road "вміє" вбудовувати інтернет-карти "на ходу" в робоче вікно плану, використовуючи їх як підкладки. Сучасні інтернет-сервіси пропонують на умовах вільного користування достатньо якісні супутникові знімки з роздільною здатністю 1-2,5 м, хоча вже з'являються знімки вищої деталізації роздільною здатністю 0,3-0,8 м, але їх поширюють на комерційній основі. Завдяки співробітництву ІТЦ "ScanEx" та "ІндорСофт" користувачі можуть одержувати доступ до будь-яких знімків високої роздільної здатності за 10 % їх ринкової вартості.

RoadEng – це програмний комплекс для проектування автомобільних доріг компанії Softree Technical Systems Inc. До складу комплексу входять три продукти – *Terrain Tools 3D* (створення тривимірних моделей місцевості), *RoadEng* (проектування автомобільних доріг), *Softree Optimal* (пошук оптимального поздовжнього профілю дороги за критерієм найменшої вартості).

Вихідними даними для побудови моделей можуть бути дані різних форматів, включаючи GPS, DWG та дані ГІС. Розробники програми зазначають, що вона має мінімальний набір функцій для проектування лінійно-протяжних об'єктів і більше підходить для реалізації невеликих за масштабом проектів [7].

Для більшості сучасних ГІС-засобів характерна модульна архітектура. Системі притаманне деяке ядро, що забезпечує обмежену функціональність (відображення карт, підтримання основних даних, деякі функції просторового аналізу) і дає змогу розширювати цю функціональність за рахунок підключення інших модулів. Найпотужнішими в світі є ГІС американського виробництва: ArcGIS, MapInfo, ERDAS Imagine [1].

У світовій практиці вирішення завдань транспортної галузі в комплексі із завданнями інших сфер діяльності, набула поширення система продуктів **ArcGIS**. Маємо багато прикладів саме такого вирішення проблем транспорту, містобудування, землекористування, екології, економіки, соціології, збереження культурної спадщини в різних містах і країнах. Виділимо лише проекти регіонального планування – Traffic Analyst, загальноєвропейської транспортної системи TRANS-TOOLS



та ArcGIS-проект транспортного планування всього євразійського простору – WORLD-NET [6].

Взаємодія ArcGIS і САПР наразі проявляється у підтримці двох найбільш використовуваних платформ САПР загального призначення – AutoCAD та Microstation.

Для роботи з дорожніми об'єктами, представленими у вигляді мереж, у середовищі платформи ArcGIS є додатковий модуль – *Network Analyst*. Він дає змогу виконувати аналіз та керувати наборами даних. За його допомогою здійснюється моделювання транспортних мереж, будуються маршрути й моделі їх аналізу, виявляються найближчі об'єкти, створюються матриці вартості досягнення цілей, розраховуються зони обслуговування. Вирішення аналогічних задач у режимі реального часу можливе з використанням модуля *Tracking Analyst*.

Геоінформаційна система *MapInfo* виробництва американської компанії MapInfo Corp є другою за поширенням у світі. Система наділена великою кількістю різноманітних функцій та має додаткові модулі, що вирішують численні ГІС-задачі. Взаємодія MapInfo з САПР-даними полягає у підтримці відкриття форматів зовнішніх даних – Autodesk AutoCAD (*.DXF, *.DWG), Bentley MicroStation Design 7 та 8 версій (*.POS, *.FC1, *.DGN). Ці дані в подальшому можна перевіряти на предмет їхньої топологічної коректності, формувати з декількох джерел, обмінюватися ними з іншими САПР та ГІС-засобами.

RouteFinder – це додаток для MapInfo, призначений для вирішення задач маршрутизації. Модуль вбудовується в інтерфейс MapInfo та дозволяє будувати й аналізувати граф мережі з подальшим вирішенням окремих задач: розрахунок маршруту з однієї точки в іншу (з будь-якою кількістю проміжних точок), динамічна сегментація в процесі маршрутизації, вирішення завдань комівояжера, виділення зон транспортної доступності, створення матриць відстаней, ідентифікація та усунення топологічних помилок у дорожній мережі [11].

Компанія "ІндорСофт" популярна на пострадянському просторі завдяки системам автоматизованого проектування та геоінформаційних технологій. ГІС IndorRoad призначена для ведення обліку та паспортизації, управління експлуатацією та супроводом протягом усього життєвого циклу автомобільних доріг. Система орієнтована на використання в органах управління дорожнім господарством усіх рівнів. Головний принцип, покладений в основу ГІС IndorRoad, – це представлення точної вимірної моделі автомобільних доріг та інших штучних споруд у тривимірному вигляді в глобальній системі координат та прив'язка решти дорожньої інформації (даних моніторингу, відеорядів, інвентаризаційних карток тощо) до цієї моделі. IndorRoad вирішує важливе завдання поточного адресування об'єктів за критерієм проектного та експлуатаційного (відносно пікетажу) кілометражу [8].

Геоінформаційну систему *GeoMedia* розробила компанія Intergraph Corp. Особливість цієї ГІС у

тому, що вона була першою в світі, яку побудовано відповідно до всіх специфікацій консорціуму Open GIS Consortium. Цей консорціум було створено для стандартизації процесів при створенні ГІС, приміром, добору форматів для подання геопросторових даних.

На основі GeoMedia розроблено багато додаткових модулів. З проектуванням доріг найбільше пов'язані *Transportation Analyst* і *Transportation Manager*. Перший призначений для вирішення різноманітних транспортних розрахунків, включаючи пошук найкоротших маршрутів, визначення зон транспортного обслуговування і т. ін. За допомогою другого здійснюється управління та перевірка коректності побудови транспортних мереж (у т. ч. й дорожніх) [1].

Висновки. Попри прагнення САПР дублювати функціональні можливості ГІС спочатку за рахунок взаємодії з форматами даних, а згодом завдяки зручності роботи з електронними картами, все ж у питанні виконання просторового аналізу вони поки що відстають. Графічні примітиви в САПР досі залишаються переважно зображувальними засобами, позбавленими атрибутів (на відміну від ГІС). Суттєві відмінності моделі САПР від реляційної моделі даних не дозволяють повноцінно зберігати креслення САПР у сучасних базах даних та в подальшому аналізувати атрибути об'єктів.

У ГІС широко використовуються нові технології просторового аналізу даних. Завдяки цьому вони є потужним засобом перетворення і синтезування різноманітних даних для задач управління. Їм властива наявність ефективних методів точного і швидкого використання картографічної інформації. ГІС як інструмент для прийняття проектних рішень наділені функціями автоматизованого проектування і можуть розв'язувати низку спеціальних проектних задач, що в типовому автоматизованому проектуванні не зустрічається [4].

На етапі планування розвитку дорожньої мережі доцільно застосовувати ГІС-технології з метою моделювання цього розвитку для розрахунку можливих варіантів мережі, для одержання попередньої картографічної документації. У ході проектування деякі специфічні операції краще реалізовувати в середовищі САПР, однак більшість таких операцій – створення та оброблення ЦМР, побудова поздовжніх і поперечних профілів, одержання проектної документації – можна здійснювати за допомогою ГІС.

З огляду на прикладний характер використання геоінформаційних систем дорожньої галузі та просторово-топологічних баз дорожніх даних виділимо такі сфери їх застосування: аналітичні операції географічного аналізу та моделювання, зокрема мережевого аналізу створення тематичних карт; підготовка запитів (просторових та атрибутивних) і відображення результатів цих запитів на картах; формування звітів; накопичення та збереження технічної інформації.

Через те що ГІС і САПР у чистому вигляді при-
таманні певні сильні й слабкі сторони (відмінності моделей даних та атрибутивної підтримки), наразі



все більшого розповсюдження набувають вбудовані графічні системи, які вдало поєднують можливості як ГІС, так і САПР.

В області сучасної геоінформатики та проектування однією з інноваційних складових є технологія тривимірного проектування. Застосування у проектуванні тривимірних моделей відкриває нові можливості. Передусім це можливість підготовки одночасно декількох варіантів проекту з його фотореалістичною візуалізацією. На основі цієї інформації можна автоматично згенерувати повний комплект креслень, відомостей та матеріалів, що передаються як результат проектування. Окрім того, під час тривимірного проектування з'являється можливість сумісної роботи проектувальників суміжних сфер, а внесення змін автоматично перебудовує об'єкт моделювання, внаслідок чого досягається значна економія часу та ресурсів.

Недостатнє використання ГІС у сфері функціонування дорожнього комплексу в Україні на даному етапі обумовлено сприйняттям потенційними користувачами даної технології як інноваційної. Багато організацій лише тепер завершають формування баз ГІС-даних (не слід забувати, що до 80-90% робіт навіть при використанні готових комерційних ГІС-пакетів припадає на підготовку цифрової БД, інша причина цього – трудомісткість та громіздкість інструментарію ГІС на ранніх етапах). Але використання доступних та легких для освоєння інтерфейсів усунуло і цю перешкоду. Третя причина – багато фахівців не використовують ГІС для аналізу через недостатню кількість позитивних прикладів вирішення конкретних типових задач прикладного характеру. Однак дедалі більша доступність географічних даних та розширення їх обсягів, а також універсальність програмного забезпечення ГІС полегшують роботу користувача, адже від нього вимагається лише розуміння структури аналітичного процесу при застосуванні сучасного інструментарію для вирішення конкретних вузькоспеціальних задач.

З появою численних геоінформаційних засобів багато компаній належно оцінили перспективність ГІС-технологій. Незважаючи на світову фінансову кризу, обсяги реалізації геоінформаційних програмних продуктів, згідно з даними дослідницької компанії Daratech, у 2010 р. виросли на 10,3% і з того часу зростають щорічно в середньому на 8,3%. Упродовж останніх восьми років зростання попиту на ГІС-дані становило 15,5% щорічно. Це зайвий раз доводить, що із розширенням переліку програмних засобів та масштабів генерування даних на їх основі рівні та масштаби розвитку і використання ГІС-засобів лише зростатимуть [12].

Перспективи подальших досліджень. Передбачається здійснити порівняльний аналіз функціональних можливостей ГІС-засобів для проекту-

вання доріг на предмет можливості заміщення операцій, виконуваних у середовищі САПР. Результуючі дані дозволять розробити обґрунтовані рекомендації щодо інноваційного розвитку дорожньої галузі.

Література

1. Бойков, В.Н. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог на примере IndorCAD/Road / В.Н. Бойков, Г.А. Федотов, В.И. Пуркин. – М.: МАДИ, 2005. – 224 с.
2. Буланов, А. MicroStation: непревзойденная среда информационного моделирования / А. Буланов // САПР и графика. – 2015. – № 2. – С. 30-33.
3. Голубева, А. Использование ГИС-функционала Map 3D в AutoCAD Civil 3D / А. Голубева // САПР и графика. – 2011. – № 3. – С. 8-10.
4. Гуцул, Т.В. Інформаційні технології в менеджменті землеустрою: навчальний посібник / Т.В. Гуцул, П.О. Сухий. – Чернівці: Чернів. нац. ун-т, 2015. – 200 с.
5. Дорофеев, С.Ю. Визуально интерактивная технология интеграции САПР и ГИС / С.Ю. Дорофеев, М.А. Зайцева // Изв. Томск. политехн. ун-та. – 2010. – С. 93-97.
6. Котиков, Ю.Г. ArcGIS в моделях транспортных систем мегаполисов / Ю.Г. Котиков // Автоматизация автомобильной отрасли. – 2012. – № 6. – С. 28-33.
7. Кривых, И.В. Обзор зарубежных САПР автомобильных дорог / И.В. Кривых, Н. С. Мирза // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – С. 68-77.
8. Скворцов, А.В. Геоинформатика в дорожной отрасли / А.В. Скворцов, П.И. Поспелов, А.А. Котов. – М.: МАДИ, 2005. – 250 с.
9. Скворцов, А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог / А.В. Скворцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – С. 5-12.
10. Собкевич, О.В. Модернізаційні пріоритети реформування транспортно-дорожнього комплексу в Україні / О.В. Собкевич, К.М. Михайличенко, О.Ю. Ємельянова. – К.: НІСД, 2013. – 32 с.
11. A network analysis system for MapInfo Professional. – New York: RouteWare and Higher Mapping Solutions, 2015. – 123 p.

Інтернет-джерела

12. GIS/Geospatial sales up 10.3% to US\$4.4 billion Growth forecast to top 8.3% in 2011 // Directions Magazine. – 2011 [Електрон. ресурс]. – Реж. доступу: <http://www.directionsmag.com/pressreleases/gisgeospatial-sales-up-10.3-to-us4.4-billion-growth-forecast-to-top-8.3-in-151989>
13. The World Factbook // Central Intelligence Agency. – 2015 [Електрон. ресурс]. – Реж. доступу: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook>

Надійшла 09.10.15