

УДК 625.72

UDC 625.72

АВТОМАТИЗОВАНЕ ТРАСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ НА ОСНОВІ «ГРОШОВОЇ» МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ

Асатрян В.Г., Національний транспортний університет, Київ, Україна

COMPUTER-AIDED ROAD ALIGNMENT WITH USING «MONETARY» GROUND MODEL

Asatrian V.G., National Transport University, Kyiv, Ukraine

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ «ДЕНЕЖНОЙ» МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Асатрян В.Г., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Прокладання плану траси являється одним із найбільш відповідальних етапів проектування автомобільних доріг, адже саме план траси багато в чому визначає будівельну та приведену вартість дороги, транспортно-експлуатаційні витрати, рівень безпеки та зручності руху, а також ступінь впливу дороги на навколишнє середовище.

Цей вид робіт вимагає творчого підходу і важко піддається автоматизації. Траса дороги на довгі роки визначає її технічні та естетичні властивості, тому трасування автомобільних доріг вимагає певного архітектурного мистецтва, яке приходить з досвідом і в міру оволодіння технікою трасування. Вдосконаленню мистецтва трасування сприяють науково-обґрунтовані вимоги і рекомендації з архітектурно-ландшафтного проектування доріг.

На сьогоднішній день при трасуванні автомобільних доріг із вище наведених критеріїв основну увагу приділяють саме будівельній вартості. Витрати у вигляді сотень мільйонів гривень змушують підходити зважено до вибору певних варіантів прокладання траси автомобільної дороги на місцевості. Для цього необхідно порівнювати варіанти траси за техніко-економічними показниками, на які вказують нормативні джерела[1].

Трасуванням автомобільних доріг займалися такі вчені як: Федотов Г.А., Григорьев М.А., Бабков В.Ф., Андреев О.В., Федотов В.А. та інші.

Як відомо, існує два основних принципи трасування автомобільних доріг.

1. Принцип полігонального трасування (за Г.А. Федотовим). Він простий для розуміння і не вимагає складних обчислень. Принцип полягає в тому, що на план або карту наносять за допомогою лінійки ламану лінію (полігональний хід). Потім у його злами вписують кругові криві або кругові криві, пов'язані з прямими вставками перехідними кривими, зазвичай клотоїдними.

Переваги принципу:

- такий принцип гарно вписується в технологію польових вишукувань, коли для знімальної основи закладаються теодолітні ходи, які одночасно являються тангенсами майбутньої траси;
- простий у розрахунках, якщо допустили помилку при вписування однієї кривої, то ця помилка не матиме впливу на положення наступних кривих;
- полігональний принцип найкращим чином відповідає роботі дорожніх машин і механізмів при будівництві.

Недоліки принципу полігонального трасування:

- дорога з довгими прямими вставками, круговими кривими малого радіусу і перехідними кривими мінімальної довжини погано відповідає умовами безпечного і комфортного руху;
- полігональний хід диктує положення траси в плані, що тягне за собою підвищення обсягів земляних робіт.

Таким чином, в даний час принцип полігонального трасування має сенс застосовувати тільки в тому випадку, коли напрямки, що визначають кути повороту, фіксовані ситуаційними умовами.

2. Принцип сплайна або гнучкої лінійки (за М.А. Григорьевим). Слово spline в перекладі з англійської означає – «рейка, лінійка». Суть принципу сплайна полягає в тому, що спочатку на плані місцевості від руки або за допомогою гнучкої лінійки вписують ескізну лінію траси, а потім апроксимують математичною функцією. Ця функція являє собою безперервну лінію, що складається з різних елементів:

- відрізків;
- кругових кривих;
- клотоїд;
- кубічних парабол.

У вузлах сполучення елементів дотичні збігаються.

Переваги принципу:

- забезпечує краще узгодження дороги з ландшафтом, так як параметри заокруглень визначаються самою трасою, а не навпаки;
- мінімізується обсяг земляних робіт.

При ручному трасуванні принцип сплайна не знайшов широкого застосування через труднощі, що виникають при виправленні помилок. Дана обставина є основним недоліком принципу сплайна.

Принцип сплайна є основою визначення положення клотоїдної траси. У такій трасі перехідна крива – клотоїда – перетворюється на основний елемент, поряд з прямими і круговими елементами. У клотоїди закон зміни кривизни найкращим чином відповідає руху автомобіля з постійною швидкістю.

Рівняння клотоїди:

$$R \cdot L = \text{const} , \quad (1)$$

де R – радіус кривої на відстані L від її початку.

В наш час проектування автомобільних доріг виконується автоматизовано, тобто за допомогою систем автоматизованого проектування (САПР).

Основні принципи, які повинні дотримуватися при автоматизованому проектуванні плану траси це: обов'язкове використання принципу «гнучкої лінійки»; детальне багатоваріантне опрацювання траси із співставленням варіантів за основними показниками і вибором найкращого рішення; забезпечення оптичної плавності траси та узгодження її елементів з ландшафтом; забезпечення високого рівня зручності та безпеки руху.

Майже всі САПР, якими зараз користуються проектувальники для трасування автомобільних доріг, дають можливість інженеру прокласти трасу за принципом полігонального ходу. Це означає, що вартість майбутньої дороги, безпека руху, зручність та ін. залежать безпосередньо від досвіду та кваліфікованості проектувальника, який виконує трасування.

Але й є такі САПР, які потребують задання їм певних обмежень, а прокладання варіантів трас здійснюється автоматично за принципом сплайна. Проектувальнику треба лише по характеристикам (які прораховує програма) кожної з трас обрати оптимальний варіант. Прикладом такої програми є «TrimbleQuantm»[2].

Система планування та прокладання трас «TrimbleQuantm» застосовується проектувальниками автомобільних і залізничних трас в ході складного процесу вибору і визначення тривимірних коридорів та параметрів прокладання. Унікальна технологія оптимізації маршруту може генерувати мільйони альтернативних варіантів, відбираючи з них 10-50 найкращих для оцінки їх різними ключовими учасниками проекту.

На сьогоднішній день головна проблема полягає в тому, що досить складно визначити оптимальний варіант будь-якого рішення (траси, конструкції дорожнього одягу, геометричних

параметрів, конструкції штучних споруд тощо) маючи лише два, навіть три варіанти. Досвід проектувальників дозволяє обирати варіанти, досить близькі до оптимальних, але у будь-якому випадку завжди є варіанти, які не розглядаються. Існує певна ймовірність, що саме серед цих варіантів може бути оптимальний варіант.

Той чи інший варіант траси автомобільної дороги, як було сказано вище, характеризується набором показників, кожний з яких можна спробувати виразити у грошовому еквіваленті. Наприклад такі основні показники як: обсяг земляних робіт, протяжність траси, площа відводу землі, а також форми рельєфу та складні природні умови, що впливають на інші показники – можна виразити в грошовому еквіваленті.

Інакше кажучи, можна винести на карту всі елементи місцевості, які впливають на вартість автомобільної дороги, виражених у грошовому еквіваленті. Визначені «грошові ділянки» і нанесені на карту місцевості можна зобразити у вигляді ізоліній рівної вартості, що дозволить і наглядно і програмно врахувати при виборі траси автомобільної дороги. Таким чином створюється ще один різновид цифрової моделі місцевості («грошова» модель місцевості). За допомогою такої моделі місцевості є можливість прокладання траси автомобільної дороги таким чином, щоб з великою ймовірністю, яка буде визначатись коректністю визначення грошових показників, можна мінімізувати витрати на будівництво автомобільної дороги.

Тобто сьогодні існують такі САПР які автоматично прокладають варіанти трас автомобільних доріг, але ці системи можна вдосконалити шляхом заміни цифрової моделі місцевості на «грошову» модель місцевості. Адже «грошова» модель місцевості нестиме в собі інформацію представлену не тільки у вигляді 3D об'єктів (як у ЦММ), але й певнимчином представлену інформацію про вартість відповідного об'єкта, ділянки місцевості чи їх частин. Тоді САПР зможе прораховувати варіанти трас не тільки в межах певних обмежень, а й намагаючись обійти більш «дорогі» ділянки місцевості тим самим зменшуючи вартість майбутньої автомобільної дороги. Зрозуміло, що трасування програмою буде здійснюватися за принципом сплайну, а отже буде максимально забезпечуватися плавність, та безпека руху.

Отже визначивши залежності між певними показниками, за допомогою яких можна характеризувати природні, геологічні, гідрологічні умови, існуючі споруди та забудову території в проектному коридорі, та будівельною чи ринковою вартістю заходів, спрямованих на необхідність забезпечення заданої якості будівництва, можна буде побудувати «грошову» модель місцевості і використовувати її у САПР з метою мінімізації будівельних витрат при відборі варіантів траси автомобільної дороги.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.3–4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
2. Система проектирования транспортных магистралей Trimble Quantm / Пархолуп С.В. // Журнал CADmaster. – 2013. – №4. – С. 76 – 77.
3. Справочная энциклопедия дорожника, V том «Проектирование автомобильных дорог»; Под ред. Федотова Г.А. и Поспелова П.И., Москва 2007.
4. Техничко-экономическое обоснование при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов (справочное пособие) / Болдаков Е.В., Федотов Г.А., Перевозников Б.Ф.; Под ред. Болдакова Е.В. – М.: Транспорт, 1981, 207 с.
5. Бабков В.Ф. Трассирование автомобильных дорог: учебное пособие / МАДИ. М., 1993. – 80с.
6. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. I: Учебник для вузов по специальностям «Автомобильные дороги» и «Мосты и тоннели». — М.: Транспорт, 1979, 367 с.

REFERENCES

1. DBN V.2.3 – 4 – 2007. Transport facilities. Highways.(Ukr)
2. Design system of highways TrimbleQuantm / Parkholup S.V. // CADmaster journal. –2013. – №4. – P. 76 – 77. (Rus)

3. Reference encyclopedia of road builder, Vpart» Roadsdesigning»; Editedby Fedotov G.A. andPospelov P.I., Moscow 2007. (Rus)
4. Feasibility study in the design of roads andbridges (resourcebook) / Boldakov E.V., Fedotov G.A., Perevoznikov B.F.; Editedby Boldakov E.V. – M.: Transport, 1981, 207 p. (Rus)
5. Boldakov V.F. Roadalignment: schoolbook / MADI. M., 1993. – 80 p. (Rus)
6. Boldakov V.F., Andreev O.V. Roadsdesigning. Part I: Text book for high schools in the fieldof «Roads» and «Bridgesandtunnels». – M.: Transport, 1979, 367 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Асатрян В.Г. Автоматизоване трасування автомобільної дороги на основі «грошової» моделі місцевості. / В.Г. Асатрян // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 2: Серія «Економічні науки». – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

В статті запропоновано підхід до удосконалення методів автоматизованого трасування автомобільних доріг.

Об'єкт дослідження – автомобільна дорога.

Метод дослідження – аналітичний.

Трасування є комплексною задачею, при вирішенні якої конкуруючі варіанти автомобільної дороги детально розглядаються за основними показниками: будівельна та приведена вартість, транспортно-експлуатаційні витрати, матеріалоємність, рівень зручності та безпеки руху, вплив на навколишнє середовище і т. д.

На сьогоднішній день велику увагу приділяють саме будівельним витратам, до яких також відносять: перевлаштування комунікацій, відшкодування за вилучені землі, споруди, що підлягають зносу, збільшення вартості, яке пов'язане з складними умовами рельєфу.

Пропонується побудова певної «грошової» моделі місцевості, за допомогою якої система автоматизованого проектування зможе виконувати трасування не тільки на основі певних обмежень, а й намагаючись обійти більш «дорогі» ділянки місцевості тим самим зменшуючи вартість майбутньої автомобільної дороги.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАСА, БУДІВЕЛЬНА ВАРТІСТЬ, ПРИНЦИП «ГНУЧКОЇ ЛІНІЙКИ», СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ, «ГРОШОВА» МОДЕЛЬ МІСЦЕВОСТІ.

ABSTRACT

Asatrian V.G. Computer-aided road alignment with using «monetary» ground model. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 2: Series «Economic sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 29.

The paper proposes approach to improve methods aided tracing roads alignment.

Object of the study – road.

Method of the study – analytical.

Tracing is a complex task, in solving of which competing variants of the road considering in detail on the basic parameters: construction and discounted cost, transportation and operating costs, materials-output ratio, level of convenience and safety of traffic, environmental impact, etc.

Today great attention is paid to construction cost, which also includes: reorganization of communications, compensation for withdrawn lands, buildings that are subject to destruction, increase in cost that is associated with difficult terms of the relief.

Proposed to create some «monetary» ground model, by which computer-aided design would be able to perform tracing not only on the basis of certain constraints, but also trying to bypass the more «expensive» areas, thereby reducing the cost of future road.

KEYWORDS: ALIGNMENT, CONSTRUCTION COST, THE PRINCIPLE OF «SOFT LINE», COMPUTER-AIDED DESIGN, «MONETARY» GROUND MODEL.

РЕФЕРАТ

Асатрян В.Г. Автоматизированное трассирование автомобильной дороги на основе «денежной» модели местности. / В.Г. Асатрян // Вестник Национального транспортного

университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 2: Серия «Экономические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 29.

В статье предложен подход к совершенствованию методов автоматизированного трассирования автомобильных дорог.

Объект исследования – автомобильная дорога.

Метод исследования – аналитический.

Трассирование является комплексной задачей, при решении которой конкурирующие варианты автомобильной дороги подробно рассматриваются по основным показателям: строительная и приведенная стоимость, транспортно-эксплуатационные расходы, материалоемкость, уровень удобства и безопасности движения, влияние на окружающую среду и т. д.

На сегодняшний день большое внимание уделяют именно строительным затратам, к которым также относят: переустройство коммуникаций, возмещения за изъятые земли, сооружения, подлежащие сносу, увеличение стоимости, связанное со сложными условиями рельефа.

Предлагается построение определенной «денежной» модели местности, с помощью которой система автоматизированного проектирования сможет выполнять трассирование не только на основе определенных ограничений, но и пытаясь обойти более «дорогие» участки местности тем самым уменьшая стоимость будущей автомобильной дороги.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАССА, СТРОИТЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ, ПРИНЦИП «ГИБКОЙ ЛИНЕЙКИ», СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, «ДЕНЕЖНАЯ» МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ.

АВТОРИ

Асатрян Вардан Гегамович, аспирант, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры проектирования дорог, геодезии та землеустрою, e-mail: asatryan.v@mail.ru, тел.+380678126964, Україна, 08162, Київська обл., Києво-Святошинський р-н., с.м.т. Чабани, вул. Одеське шосе 1, к.16.

AUTHOR

Asatryan Vardan Hehamovych, postgraduate student, National Transport University, postgraduate student of the Department of designing of roads, geodesy and land management, e-mail: asatryan.v@mail.ru, tel. +380678126964, Ukraine, 08162, Kyiv region, Kyievo-Sviatoshynskyi district, urban village Chabany, Odeskeshostr. 1, of. 16.

АВТОРЫ

Асатрян Вардан Гегамович, аспирант, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры проектирования дорог, геодезии и землеустройства, asatryan.v@mail.ru, тел.+ 380678126964, Украина, 08162, Киевская обл., Киево-Святошинский р-н., п.г.т. Чабаны, ул. Одесское шоссе 1, к. 16.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Доценко В.М., кандидат технічних наук, заступник директора ДП "Дорцентр", Київ, Україна.

Каськів В.І., кандидат технічних наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедри будівництва та експлуатації доріг, Київ, Україна.

REVIEWER:

Dotsenko V.M., Ph.D in Technical Sciences, deputy director of SE "Dortsentr", Kyiv, Ukraine.

Kaskiv V.I, Ph.D in Technical Sciences, associate professor, National Transport University, associate professor, department of construction and maintenance of roads, Kyiv, Ukraine.