

4. А.С. 1510065 СССР, МКИ 4H03B19/00. Делитель частоты на два / М.М. Шахмаев, А.А. Алексеев (СССР), № 4255179/24-09. Заявлено 02.06.87; Опубл. 23.09.89. Бюл. № 35. – 2 с.
5. А.С. 1229945 СССР, МКИ 4H03B19/00. Делитель частоты / В.Ф. Туник (СССР), № 3817875/24-10. Заявлено 19.11.84; Опубл. 7.05.86. Бюл. № 17. – 2 с.
6. Пат. 68901 А Україна, МПК 7H03B19/00. Подільник частоти синусоїдальних коливань у парну кількість разів / Тимошук П.В., Григор'єв А.С., № 20031110345; Заявл. 17.11.2003; Опубл. 16.08.2004. Бюл. № 8. – 2 с.
7. Тимошук П.В. Синтез подільника частоти на два // Вісник НУ "Львівська політехніка": Радіоелектроніка і телекомунікації. – 2000. – № 399. – С. 97-100.
8. Радиоприемные устройства / под ред. А.П. Жуковского. – М.: Изд-во "Высш. шк.", 1989. – 344 с.

УДК 630*31;658.011.51

Доц. О.А. Стиранівський, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів; інж. Ю.О. Стиранівський –
Державний комітет лісового господарства України

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ АВТОМАТИЧНОГО ТРАСУВАННЯ ЛІСОВОЇ ДОРОГИ НА ЦИФРОВІЙ МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ

Розглянуто можливості вдосконалення процедури автоматичного трасування лісової дороги на цифровій моделі місцевості шляхом збільшення кількості можливих зв'язків між вузлами растрових комірок, урахування вартості дорожнього будівництва як функції ухилу місцевості та ступеня важкості розроблення ґрунту й уточнення алгоритму пошуку найкращого розташування траси на засадах теорії мереж Штайнера.

Ключові слова: трасування лісової дороги, автоматична процедура, цифрова модель місцевості.

*Assoc. prof. O.A. Styranivsky – NUFWT of Ukraine, L'viv;
eng. Yu.O. Styranivsky – State committee of forestry of Ukraine*

Improving of the automatic road route location procedure for digital model of terrain

Improvements of automatic road route location procedure on the digital model of terrain by increasing of possible links between grid nodes and taking into account of road construction cost as functions of slope and rock occurrence in a road cross section, as well as clarification of location search algorithm on principles Steiner tree problem are considered.

Keywords: forest road route location, automatic procedure, digital model of terrain.

Вступ. Комп'ютерне моделювання значно інтенсифікувалося в останні десятиліття. Метою цього процесу є як мінімум обґрунтування дій технічних експертів, пов'язаних із розв'язання важливих інженерних задач. Планування лісотransпортних мереж складне і відповідальне завдання, яке має вирішальний вплив на вибір потенційної лісозаготівельної технології та типу лісотransпортного засобу, ефективність лісового господарювання, перспективи можливого розвитку туристичної та рекреаційної діяльності. Від розміщення лісової дороги на місцевості залежить також і величина її впливу на довкілля.

Комп'ютерне планування лісотransпортних мереж відоме з 70-х років минулого століття. Проте тільки поява сучасних комп'ютерів 4-го покоління та застосування цифрових моделей місцевості високої роздільної здатності

значно полегшило процедуру розв'язання таких задач. Однак і в сучасних найдосконаліших підходах до моделювання транспортного освоєння гірських лісових масивів наявні щонайменше два недоліки: допущення, що вартість дорожнього будівництва не залежить від розміщення траси лісової дороги на місцевості й обмежена кількість комірок растрової моделі місцевості, які аналізуються під час комп'ютерного трасування.

Мета цієї роботи вдосконалити процедуру автоматичного комп'ютерного трасування лісової дороги шляхом збільшення кількості аналізованих растрових комірок і врахування залежності вартості дорожнього будівництва від ґрунтових умов та ухилу місцевості.

Процедура автоматичного трасування

Структура. Процедура автоматичного трасування лісової дороги на цифровій моделі місцевості складається з п'яти компонентів:

- цифрове представлення топографічних особливостей місцевості;
- дискретизація поверхні місцевості та ділянок траси лісової дороги;
- ідентифікація трасування;
- оцінка вартості дорожнього будівництва;
- пошук найкращого розташування лісової дороги.

Топографічні особливості місцевості представляють цифровими моделями, точність і доступність яких постійно зростає. Сьогодні використовують цифрові моделі місцевості з роздільною здатністю 50, 25 чи навіть 10 м.

Мета дискретизації полягає у встановленні кінцевої множини можливих варіантів ділянки траси проекрованої лісової дороги, а на етапі ідентифікації вибирають її оптимальний напрям.

Оцінка вартості дорожнього будівництва, зазвичай заснована на досвіді та передбачає встановлення величини вартості спорудження лісової дороги постійної для цілого лісоексплуатаційного масиву. Алгоритм п'ятого компонента призначено для того, щоб відшукати мережу лісових доріг мінімальної вартості та найкоротшої довжини.

Дискретизація. Формулювання проблеми трасування лісової дороги на цифровій моделі місцевості, як комбінаторної задачі оптимізації потребує ідентифікації кінцевої множини варіантів можливих рішень. Підхід для вирішення поставленої задачі полягає у дискретизації поверхні місцевості та сегментів траси лісової дороги. Дискретизація поверхні місцевості здійснюється шляхом представлення ландшафту з неперервними властивостями в растровій (комірковій, дискретній) формі. Растрове зображення – це набір значень для окремих елементарних комірок (рис. 1).

Виділення одиниць ландшафту призводить до дискретного набору вузлів растрових комірок (рис. 2). Процедура виділення траси лісової дороги полягає в ідентифікації можливих зв'язків між вузлами растрових комірок цифрової моделі місцевості. Здебільшого кількість можливих зв'язків обмежують вісьмома [1, 2], що визначає невелику множину можливих варіантів ділянки траси (рис. 2, а).

Припустимо, що ухил місцевості становить 20° , а розмір растрової комірки 10 м, тоді вісім можливих варіантів ділянки траси дороги матимуть та-

кі ухили: два по 0 ‰, 254 ‰, 364 ‰, – 254 ‰ і 364 ‰. Із цієї множини тільки два варіанти із нульовим ухилом можуть бути взяті до уваги, оскільки максимальний ухил траси лісової дороги найнижчої III категорії, може становити не більше 120 ‰ (в окремих випадках не більше 160 ‰) [3].

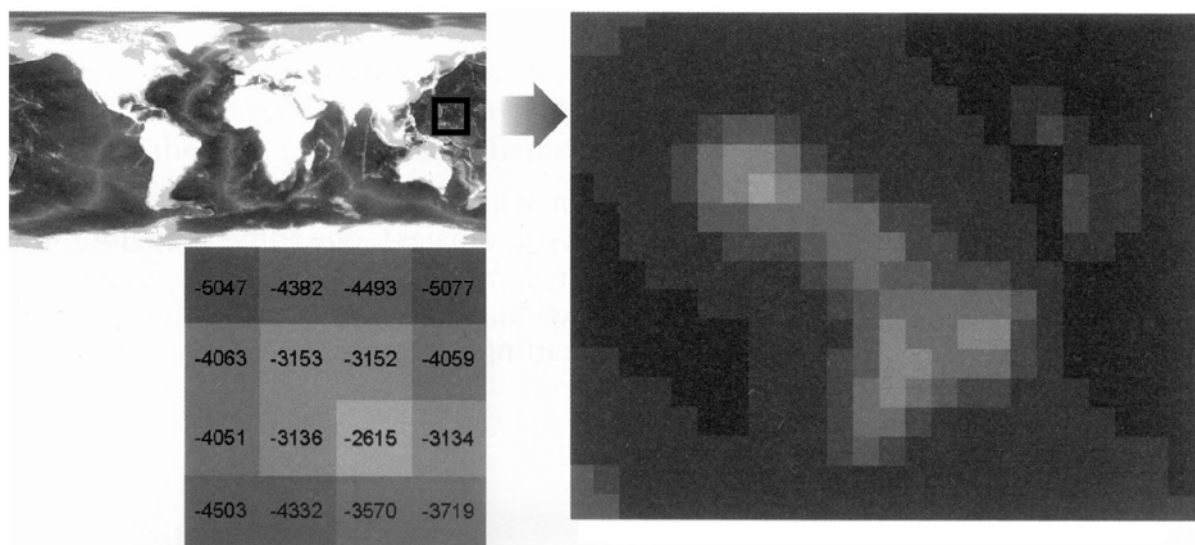


Рис. 1. Растрове зображення ландшафту

Щоб вирішити цю проблему, у роботі [4] запропоновано збільшити кількість можливих зв'язків між вузлами растрових комірок до 24-х (рис. 2, б), що надасть змогу якісно прокладати трасу лісової дороги в гірських умовах.

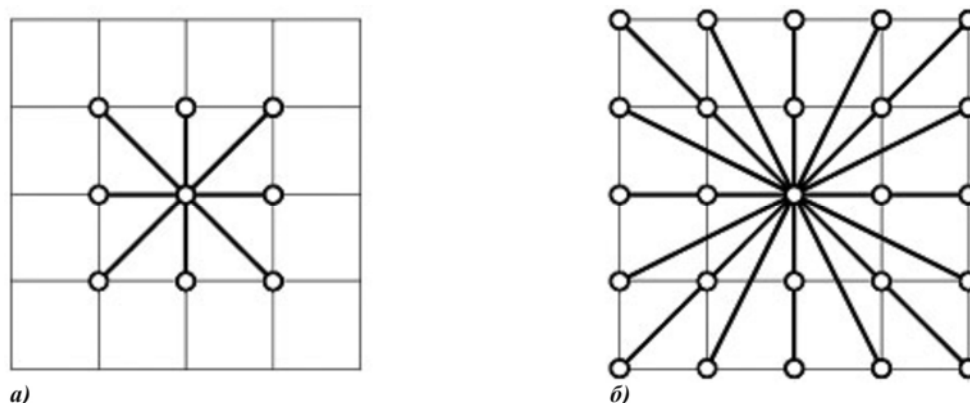


Рис. 2. Дискретизація ділянки траси лісової дороги: а – за 8-ма; б – за 24-ма можливими зв'язками між вузлами растрових комірок

Збільшення кількості зв'язків між вузлами растрових комірок безперечно веде до підвищення ефективності трасування лісової дороги на цифровій моделі гірської місцевості, однак одночасно істотно ускладнює цю процедуру. Тому ми пропонуємо обмежувати кількість можливих зв'язків між вузлами растрових комірок залежно від ухилу місцевості, зокрема:

- 8 зв'язків (найближчий ряд растрових комірок) – ухил місцевості до 13^0 ;
- 24 зв'язки (два сусідні ряди) – до 20^0 ;
- 48 зв'язків (три сусідні ряди) – понад 20^0 .

Ідентифікація. Лісову дорогу повинні прокласти з дотриманням певних технічних нормативів [3], зокрема ухил ділянки і не повинен перевищувати максимально допустимі величини i_{max} , виходячи з гарантування безпеки руху лісовозного автомобіля (потяга).

Ухил і може бути легко визначено діленням величини різниці висотних відзначок початку та кінця ділянки траси лісової дороги на її горизонтальну довжину. Розрахунок здійснюють для всіх можливих зв'язків між вузлами растрових комірок. Із множини і вибирають ті значення, які не перевищують i_{max} та ідентифікують оптимальний напрям ділянки траси за найвищим коефіцієнтом придатності Π

$$\Pi = \begin{cases} \Delta i_o / i_{n-1} - i_n, & \text{якщо } i_{n-1} > i_n; \\ \Delta i_y / i_{n-1} - i_n, & \text{якщо } i_{n-1} < i_n, \end{cases} \quad (1)$$

де: Δi_o , Δi_y – максимально допустима величина різниці ухилів для відповідно опуклої та увігнутої вертикальної кривої; i_n – ухил n -ї ділянки траси лісової дороги.

Оцінка вартості. Відомі алгоритми автоматичного трасування лісової дороги на цифровій моделі місцевості припускають, що вартість дорожнього будівництва є постійною величиною для цілого експлуатаційного масиву та залежить тільки від довжини дороги [1]. Однак практичний досвід дорожнього будівництва показує, що питома вартість спорудження лісової дороги істотно залежить від об'єму земляних робіт (пов'язано з ухилом місцевості), ступеня складності оброблення ґрунту, придатності місцевої гірської породи до влаштування дорожнього покриття (ґрунтові та геологічні умови).

Наведений у статті підхід вартісної оцінки дорожнього будівництва базується на класифікації конструктивних елементів лісової автомобільної дороги, який запропонував проф. Н.Р. Heinemann. Згідно з рекомендаціями [5], врахування чотирьох груп будівельних операцій є доречним у вартісній оцінці дорожнього будівництва: 1) зведення земляного полотна; 2) облаштування відкосів і підпірних стінок (за потребою); 3) влаштування водовідводу; 4) спорудження дорожнього одягу. Групи 2, 3 і 4 зазвичай оцінюють у зведеному виді, віднесеному до одиниці довжини лісової дороги, водночас група 1 (зведення земляного полотна) істотно залежить від ухилу місцевості та ґрунтових умов.

Об'єднання підходів із визначення вартості зведення насипу [5], як функції ухилу місцевості та параметрів поперечного профілю лісової дороги (рис. 3), і оцінювання наявності скельних і кам'яних порід у поперечному перерізі майбутньої дороги [6] дозволило вивести залежність для визначення зведеної вартості спорудження земляного полотна та будівництва лісової дороги загалом

$$I = V_B \cdot (c_{zp} + c_k \cdot p_k) + c_d + c_{\Pi}, \quad (2)$$

де: V_B – об'єм виїмки 1 пог. м лісової дороги, м³/м; c_{zp} – питома вартість оброблення ґрунту, грн/м³; c_k – питома вартість розроблення кам'яних матеріалів, грн/м³; p_k – частка кам'яних матеріалів у ґрунті; c_d – вартість влаштування водовідводу, грн/м; c_{Π} – вартість влаштування дорожнього покриття, грн/м.

Оскільки ухил місцевості, ґрунтові умови та геометричні параметри поперечного перерізу земляного полотна, як складові компоненти виразу (2), можна ідентифікувати на цифровій моделі місцевості, то також і вартість дорожнього будівництва може бути передбачено для кожної растрової комірки.

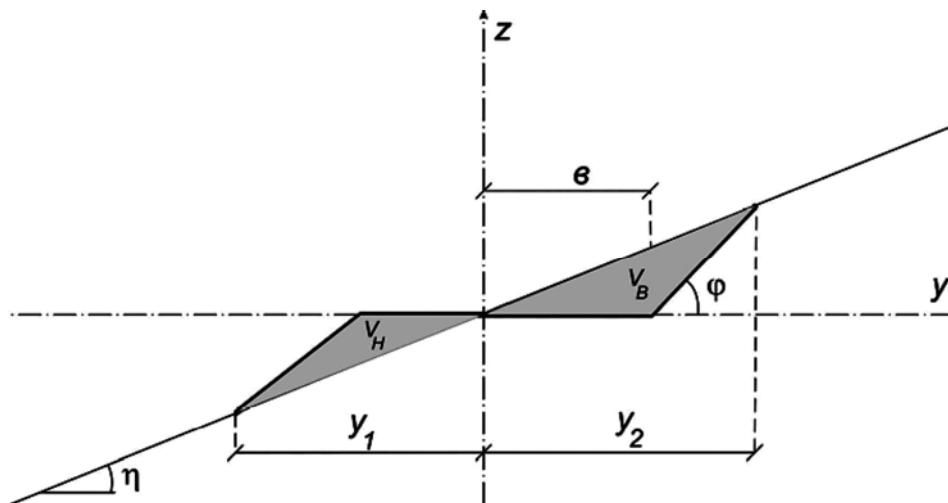


Рис. 3. Типовий поперечний переріз земляного полотна лісової дороги в гірських умовах

Алгоритм пошуку найкращого розташування траси лісової дороги. Питання прокладення маршруту лісової дороги, як складової частини лісотransпортної мережі, належить до проблеми мереженого проектування. Задача ускладнена тим, що з одного боку лісова дорога представляє собою кінцеву кількість вузлів растрових комірок і з'єднань між ними, зумовлену певною топографічною ситуацією, а з іншого – потрібно забезпечити мінімальну вартість дорожнього будівництва, як суму вартостей спорудження кожної ділянки лісової дороги (з'єднання між вузлами растрових комірок).

На сьогодні відомо кілька алгоритмів для знаходження найкоротшого шляху між двома кінцевими вузлами на цифровій моделі місцевості, один із них опрацювали ми [7]. Ідентифікація лісотransпортної мережі з найкоротшими довжинами лісових доріг складніше завдання, яке може бути вирішено за алгоритмами Kruskal або Prim [8]. Мета згаданих алгоритмів полягає у тому, щоб ідентифікувати мережу мінімальної довжини, яка сполучає всі кінцеві вузли, визначені проектувальником, як обов'язкові. Довжину мережі може бути скорочено у допоміжних вузлах, так званих "точках Штайнера".

Головні положення теорії мереж Штайнера зводяться до такого. Якщо розглянути три вузли трикутника, то найкоротша мережа, яка з'єднує всі три вузли, відгалужуватиметься від четвертого вузла в центрі трикутника. Вузол у центрі, який не був заданий на початку, і є допоміжним вузлом (точка Штайнера) для скорочення довжини мережі. Зазвичай для реальних лісотransпортних мереж неможливо точно визначити точки Штайнера, але якщо застосувати алгоритм багаторазового обчислення і наближення, то можна досягнути бажаного результату з певною точністю.

Кількість точок Штайнера зростає пропорційно факторіалу кількості кінцевих обов'язкових вузлів. Отже, ідентифікація лісотransпортної мережі на цифровій моделі місцевості потребуватиме визначення множини з $n-1$ точок Штайнера, де n – кількість кінцевих вузлів.

За результатами виконаних досліджень [8], використання точок Штайнера, визначених у другому наближенні, дають змогу зменшити вартість дорожнього будівництва лише до 9 % і водночас збільшують тривалість розв'язання задачі на комп'ютері 4-го покоління до кількох десятків годин.

Висновки. Таким чином, ми розглянули можливості вдосконалення процедури автоматичного трасування лісової дороги на цифровій моделі місцевості шляхом збільшення кількості можливих зв'язків між вузлами растрових комірок, урахування вартості дорожнього будівництва як функції ухилу місцевості і ступеня важкості оброблення ґрунту та уточнення алгоритму пошуку найкращого розташування траси на засадах теорії мереж Штайнера. Усі наведені вдосконалення ведуть до покращення ефективності трасування, зокрема в гірських умовах, однак істотно ускладнюють процедуру вибору траси, що веде до тривалості розв'язування задачі. Тому, на нашу думку, збільшення кількості можливих зв'язків між вузлами растрових комірок варто пов'язувати з ухилом місцевості, попередня оцінка вартості дорожнього будівництва залежно від топографічних і ґрунтових умов, з її наступною мінімізацією, надасть змогу зекономити від 10 до 20 % коштів, застосування алгоритму згідно з теорією мереж Штайнера є оправданим лише в окремих випадках, які претендують на високу точність досліджень понад 90 %.

Література

1. Epstein, R., A. Weintraub, J. Sessions, B. Sessions, P. Sapunar, E. Nieto, F. Bustamante, and H. Musante. 2001. Planex: a system to identify landing locations and access. In Proceedings, International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, eds. P. Schiess and F. Krogstad, 190-193. Seattle, WA, U.S.A. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, USA.
2. Liu, K. and J. Sessions. 1993. Preliminary planning of road systems using digital terrain models. Journal of Forest Engineering. – 4 (2). – P. 27-32.
3. Інструкція по проектуванню лісових автомобільних доріг у гірських умовах Карпат. – К. : Вид-во "Либідь", 1994. – 68 с.
4. Stückelberger, J., H.R. Heinimann, and W. Chung. 2003. Improving the effectiveness of automatic grid cell based road route location procedures. A Joint Conference of IUFRO 3.06 Forest Operations under Mountainous Conditions and the 12th International Mountain Logging Conference. June 13-16, 2004. University of British Columbia, Vancouver CANADA.
5. Heinimann, H. R. A computer model to differentiate skidder and cable-yarder based road network concept on steep slopes. J. For. Res. 3, 1998. – P. 1-9.
6. Inaba, S., Heinimann, H. R., Shiba, M. A model to estimate rock excavation volume of forest roads in steep terrain conditions // In 112th Meeting of the Japanese Forestry Society. – 2001.
7. Стиранівський О.А. Планування маршруту лісової дороги на цифровій моделі місцевості // Праці НТШ. Краєзнавство. – Т. 1. – Косів. – 2005. – С. 215-223.
8. Ormen, T.H., C.E. Leiserson, and R.L. Rivest. 1999. Introduction to Algorithms, 23rd printing Ed. The MIT Electrical Engineering and Computer Science Series. Cambridge MS, USA; London: MIT Press, McGraw-Hill. – 1028 p.

УДК 336

Здобувач О.О. Глущенко¹ – Львівський НУ ім. Івана Франка

УРАХУВАННЯ ЧИННИКІВ "ВІДМИВАННЯ" ДОХОДІВ У ФУНКЦІЇ КОРИСНОСТІ НЕЛЕГАЛЬНОГО ПІДПРИЄМЦЯ

Наведено підхід, що дає змогу адаптувати аналітичну модель поведінки кримінального агента, яку запропонував Г. Беккер, для аналізу головних аспектів прийняття рішення про доцільність, схильність, обсяги та еластичність попиту нелегального підприємця на послуги із "відмивання" нелегальних доходів за основними детермінантами цього попиту.

¹ Заступник начальника Регіонального відділу Держфінмоніторингу у Львівській області