

О. О. Гребенюк, М. Ю. Бедзай

**АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ МАРШРУТУ ТА РОЗРАХУНКУ
МАРШУ ПІДРОЗДІЛУ ДЛЯ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКА ДО ЗАСОБІВ
МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

Досвід проведення операції Об'єднаних сил свідчить про необхідність створення автоматизованої системи управління діями підрозділів Сухопутних військ на тактичному рівні. Це пов'язано з необхідністю забезпечення інформованості розподілених у географічному просторі частин і підрозділів, приданих сил і засобів, окремих військовослужбовців на полі бою, а також високого рівня оперативності управління ними.

У статті розглянуто основні принципи використання спеціальних програмних додатків для засобів мобільного зв'язку, виконаних на основі геоінформаційної системи для планування маршруту частин та підрозділів.

Проаналізовано доцільність використання мобільної платформи на основі засобів мобільного зв'язку як носія програмного забезпечення. Визначено вимоги до інформаційних систем на основі геоінформаційної системи та програмних додатків для засобів мобільного зв'язку з метою покращення оперативності на етапі планування переміщення підрозділу. Запропоновано розробку програмного додатка на основі описаного алгоритму розрахунку маршруту з використанням геоінформаційних систем. Розроблений алгоритм визначає послідовність дій щодо автоматизації процесу вибору оптимального маршруту на карті, розрахунку маршруту та його основних параметрів. Як цифрові карти запропоновано використовувати картографічні сервіси та технології Google Maps або Яндекс Карт, перевагами яких є багатoshаровість та універсальність. Даний підхід дозволить автоматизувати розрахунки, покращить оперативність і ефективність прийняття рішення командиром щодо вибору позиційного району та організації маршруту.

У подальшому заслуговує на увагу розширення функціональних можливостей програмного додатка до рівня мобільної інформаційно-довідкової системи командира підрозділу шляхом розробки спеціальних і використання вже відомих програмних утиліт та інформаційних ресурсів.

Ключові слова: геоінформаційна система; розрахунок маршруту руху; метод Дейкстри; теорія графів.

Постановка проблеми в загальному вигляді. На даний час у збройних силах (ЗС) провідних країн світу широкого застосування набули автоматизовані системи управління (АСУ) різного функціонального призначення на всіх рівнях воєнних дій (тактичний, оперативний, стратегічний). Найбільш вдалим прикладом АСУ тактичної ланки є американська система "Force Battle Command Brigade and Below" (FBCB2), яка забезпечує автоматизацію процесу управління підрозділами сухопутних військ (СВ) у ланці бригада – батальйон – рота – взвод – відділення (танк) та забезпечує відображення оперативної обстановки на полі бою, доведення у формалізованому текстовому і графічному вигляді розпоряджень та наказів, автоматичний вибір та розрахунок маршруту руху тощо [1].

© О. О. Гребенюк, М. Ю. Бедзай, 2020

У ЗС України єдина АСУ діями підрозділів СВ на тактичному рівні відсутня. Натомість використовуються програмні продукти, які вирішують часткові завдання залежно від специфіки підрозділів. Разом з тим досвід проведення ООС свідчить про необхідність створення АСУ на мобільній платформі з метою забезпечення інформованості розподілених у географічному просторі частин і підрозділів, приданих сил і засобів, окремих військовослужбовців на полі бою, а також високого рівня оперативності управління ними.

Для ефективного застосування сил та засобів радіомоніторингу командир підрозділу має виконати значний обсяг роботи, щоб прийняти правильне і виважене рішення. Оцінка обстановки та місцевості, вибір позиційного району, організація та планування маршу до визначених позицій, побудова бойового порядку є важливими етапами в процесі прийняття рішення, яке оформляється на робочій карті [4, 6, 9].

На даний час у ЗС України розробці автоматизованих програмних засобів підтримки прийняття рішення приділяється значна увага. Окремим важливим напрямком розвитку інформаційно-аналітичного забезпечення бойової діяльності підрозділів є удосконалення процесу планування маршу за рахунок використання геоінформаційних систем (ГІС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню покращення ефективності планування маршу підрозділу (вибору маршруту та розрахунку його показників) присвячено певну кількість наукових робіт та прикладних програм. Так, у рамках науково-дослідних і прикладних робіт [3–6] запропоновано систему зменшення впливу фізико-географічних факторів на ефективність пересування військ. Також розроблено програмні продукти, наприклад, “Аргумент”, “Панорама”, які за допомогою цифрових карт місцевості здійснюють пошук оптимальних шляхів між вибраними точками [2, 5]. Однак ці системи планування маршу підрозділів не враховують особливостей виконання оперативних завдань підрозділами радіомоніторингу. Разом з тим залишається недослідженим питання щодо застосування інформаційної системи забезпечення роботи командира підрозділу у формі програмних додатків для засобів мобільного зв’язку, оскільки останні набули за останній час широкого поширення.

Метою статті є удосконалення процесу прийняття рішення командиром підрозділу шляхом покращення оперативності вибору маршруту та розрахунку показників маршу підрозділу за рахунок застосування спеціального програмного забезпечення у формі програмного додатка для засобів мобільного зв’язку

Формулювання завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати сукупність часткових науково-прикладних задач: обрати базову цифрову карту, яку можна застосовувати на мобільних засобах зв’язку; визначити перелік функцій, що мають виконуватися автоматизовано для побудови маршруту; розробити алгоритм розрахунку маршу з використанням ГІС.

Виклад основного матеріалу. Якісне інформаційне забезпечення бойових дій військ (сил) в умовах швидкоплинності сучасних війн і збройних конфліктів стає визначальною умовою досягнення стратегічної, оперативної та тактичної переваги над противником. У ході виконання оперативних завдань на командира підрозділу радіомоніторингу покладено високу відповідальність за оперативне, своєчасне та ефективне виконання завдань.

На даний час бойові дії стають усе більш динамічними, своєчасне реагування на них залежатиме від швидкості проведення маневру силами та засобами. Це приводить до пошуку нових способів ведення бойових дій, а також організації підтримки військ на полі бою з урахуванням останніх досягнень у галузі інформаційних технологій і телекомунікацій.

Забезпечення вимог щодо вибору позиційного району, організації маршу є одним із головних завдань, які визначають здатність командирів і штабів враховувати вплив різноманітних факторів, приймати найкращі для даних умов рішення.

Стислі терміни і великий обсяг інформації, який необхідно при цьому обробляти, висувають усе більш жорсткі вимоги до роботи командира підрозділу. Тому для вдосконалення процесу планування та здійснення маршу підрозділами, підвищення ефективності роботи командира та штабів необхідно розробляти нові підходи до їх організації з більш широким урахуванням особливостей і вимог. Досягти більш якісного планування маршу можна за рахунок використання у військовій справі сучасних геоінформаційних технологій [3].

Основою сучасного підходу до автоматизації управління ЗС є впровадження в процес управління ГІС, використання яких надає органам військового управління візуальну, просторову та деяку додаткову інформацію про місцевість і розташовані на ній об'єкти для планування маршу та визначення правильного маршруту на пристроях відображення. Марш – це організоване пересування військ у колонах на транспортних засобах, бойових машинах або в пішому порядку дорогами і колонними шляхами з метою виходу до встановленого часу у визначений район або на вказаний рубіж у повній бойовій готовності до виконання завдань [4].

У наш час марш, який здійснюють на колісних або гусеничних машинах, вважається основним видом пересування військ, тому що він забезпечує високу швидкість руху і своєчасне прибуття підрозділів у призначений район. Основні показники маршу: протяжність (кілометри); тривалість (години); кількість маршрутів, що виділяються; середня величина добового переходу (кілометри); маршова швидкість руху колони (кілометри за годину).

Для автоматизації процесу планування та організації маршу підрозділів і частин необхідно мати відповідний розрахунковий механізм оптимізації маршрутів пересування сил і засобів на місцевості за різними критеріями. Для пошуку оптимального маршруту можливо сформулювати систему критеріїв [4].

Критерій 1. В умовах, коли рух колони проходить у районі, де відсутня небезпека зустрічі з противником, оптимальним маршрутом є той, що забезпечує найменший час пересування.

Критерій 2. В умовах, коли рух колони проходить у районі, де є велика ймовірність зустрічі з противником, а час руху не обмежений, оптимальним маршрутом є той, що забезпечує найменшу ймовірність зустрічі з противником.

Критерій 3. В умовах, коли рух колони проходить у районі, де є велика ймовірність зустрічі з противником, а час руху обмежений, оптимальним маршрутом є той, що забезпечує найменшу ймовірність зустрічі з противником за умови, що час пересування не перевищить директивно заданого показника.

Критерій 4. В умовах, коли час пересування в районі обмежений і автомобільна техніка дозволяє підтримувати задану швидкість переміщення на всіх типах доріг, оптимальним маршрутом є той, що забезпечує мінімальну відстань переміщення.

Критерій 5. В умовах, коли рух колони проходить у районі, де є велика ймовірність блокування певних ділянок доріг, оптимальним маршрутом є той, що забезпечує найменшу ймовірність такого блокування. Якщо ймовірності блокування противником кожного з двох маршрутів однакові, то більш доцільним з них є той, що забезпечує менший час пересування.

У статті введено обмеження щодо вибору та реалізації критеріїв. Алгоритм автоматизованого вибору маршруту та розрахунку маршу підрозділу розроблено для критерію 1.

Застосування командиром сучасних цифрових карт, наприклад, Google Maps, Яндекс Карт та інших цифрових карт, в основі яких лежить використання супутникових знімків географічних районів, надає можливість оперативного та повного оцінювання місцевості, вибору вигідного позиційного району та прокладання маршруту руху своїх підрозділів.

Загальна блок-схема алгоритму розрахунку маршу з використанням ГІС наведена на рис. 1. Розроблений алгоритм доцільно покласти в основу спеціального програмного забезпечення для автоматизованого прокладання маршруту руху підрозділу на карті та розрахунку показників маршу.

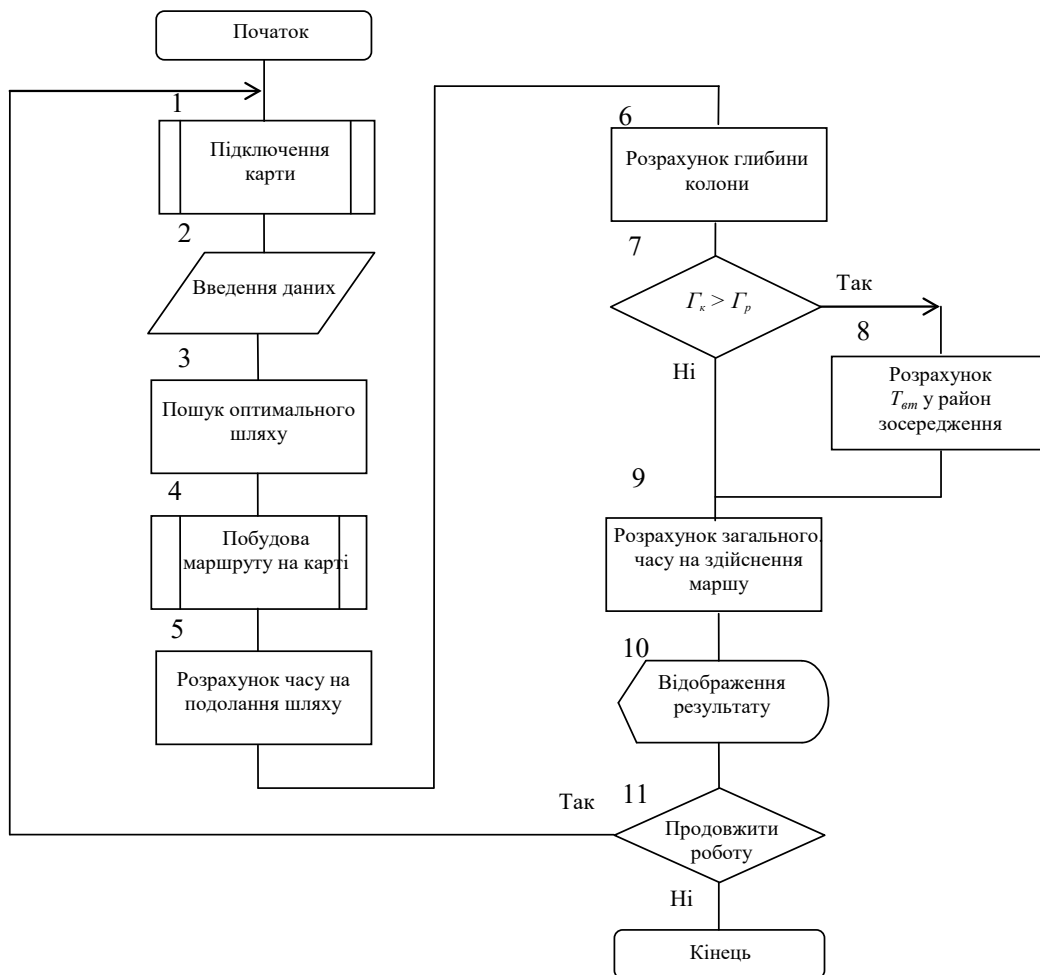


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунку маршу на основі ГІС

Блок 1 здійснює завантаження і відображення карти Google Maps або Яндекс Карт та необхідних бібліотек шляхом підключення мобільного засобу до глобальної мережі Інтернет.

Блок 2 забезпечує розрахунок маршруту підрозділу, реалізує процес введення даних, необхідних для розрахунків основних показників.

Блок 3 реалізує процес пошуку оптимального шляху між двома точками на карті, використовуючи метод Дейкстри, тобто алгоритму, який знаходить найкоротший шлях від однієї вершини графа до всіх інших вершин.

Блок 4 реалізує побудову маршруту на карті, яку використовує програмний додаток. Для цього необхідні початкові дані, ними є вихідний і кінцевий пункти, які вводяться в блоці 2.

Блок 5 реалізує процес розрахунку часу T_q (год.) на подолання шляху за такою формулою:

$$T_q = \frac{D}{V_{ср}}, \quad (1)$$

де D – протяжність маршруту, км,

$V_{ср}$ – середня швидкість колони, км/год.

Блок 6 реалізує процес розрахунку глибини колони Γ_K (км) за формулою

$$\Gamma_K = \frac{(K_M * 6,5) + (K_M - 1) * 50}{1000}, \quad (2)$$

де K_M – кількість машин у колоні, од.

Блок 7 перевіряє умову розрахунку часу втягування колони. «Так» – глибина колони буде більшою, ніж глибина району зосередження, виконується блок 8. «Ні» – глибина колони буде меншою за глибину району зосередження, виконується блок 12.

Блок 8 реалізує процес розрахунку часу втягування T_{BT} (год.) у район зосередження за такою формулою:

$$T_{BT} = \frac{(\Gamma_K - \Gamma_P)}{V_{ср} * 0,5} * 60, \quad (3)$$

де Γ_P – глибина району зосередження, км.

Блок 9 реалізує процес розрахунку загального часу на здійснення маршруту $T_{МАРШ}$ за формулою

$$T_{МАРШ} = \frac{D}{V_{ср}} + K_M + T_{BT}. \quad (4)$$

Блок 10 реалізує процес виведення користувачеві результату загального часу на здійснення маршруту.

Блок 11 перевіряє умову продовження роботи даним програмним забезпеченням: якщо «Так», то робота алгоритму переходить до блоку 1, при цьому здійснюється очищення полів та реєстрів і надається можливість користувачеві проводити розрахунки з іншими значеннями; якщо «Ні», то робота алгоритму закінчується.

З метою апробації запропонованих в статті рішень було реалізовано варіант програмного забезпечення для ПЕОМ. Програма здійснює: вибір альтернативних

маршрутів руху колони підрозділу з урахуванням особливостей оперативної обстановки в районі проведення ООС; розрахунок показників маршу залежно від визначених початкових умов.

Висновки. Розроблений алгоритм описує послідовність дій щодо автоматизації процесу вибору оптимального маршруту на карті, розрахунку маршу та його основних параметрів. На його основі запропоновано розробити спеціальний програмний додаток для мобільних засобів зв'язку з використанням даних ГІС. Це дозволить автоматизувати розрахунки, значно покращить оперативність і ефективність прийняття рішення командиром щодо вибору позиційного району та організації маршу, вносити корективи в разі зміни оперативної обстановки.

У подальшому заслуговує на увагу розширення функціональних можливостей програмного додатка до рівня мобільної інформаційно-довідкової системи командира підрозділу шляхом розробки спеціальних, а також використання вже відомих програмних утиліт та інформаційних ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Масной В., Судаков Ю. Автоматизированные системы управления сухопутными войсками США // Зарубежное военное обозрение. 2003. № 9. С. 25–32.
2. Бацамут В. М., Бабак С. А., Добраниця О. П. Автоматизація процесу прийняття рішення на застосування сил військ при ускладненні оперативної обстановки // Честь і закон. 2005. № 3. С. 11–17.
3. Побережний А. А., Горелишев С. А., Сальников О. М. Методика пошуку раціонального маршруту за допомогою геоінформаційної системи // Наукове забезпечення службово-бойової діяльності ВВ МВС України : зб. тез доп. IV наук.-практ. конф., Харків, 22 лют. 2012 р. Харків : Акад. ВВ МВС України. С. 80–81.
4. Бацамут В. М., Горелишев С. А., Побережний А. А. Використання геоінформаційної системи у плануванні маршу частин та підрозділів внутрішніх військ МВС України // Зб. наук. праць Академії внутрішніх військ МВС України. 2013. Вип. 2 (22). С. 21–25.
5. Литвиненко Н. І. Застосування ГІС для організації переміщень підрозділів військ (сил) // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPSi GIS-технології : матеріали XII Міжнар. наук.-техн. симпозіуму, Алушта, 10–15 верес. 2007 р. Алушта, 2007. С. 103–107.
6. Пічугін М. Ф., Бучик С. С., Соболенко С. О., Єрмаков В. О. Основи військового управління. Ч. 1. Основи загальної теорії управління : навч. посіб. Житомир : ЖВІ НАУ, 2010. С. 36–41.
7. Решмин Б. Имитационное моделирование и системы управления : учеб.-практ. пособ. Ижевск : Изд-во “Инфра-инженерия”, 2016. С. 4–12.
8. Гаценко С. С., Кальницький Ю. М., Гельвейчук О. М. Проблема розподілу інформаційних потоків в автоматизованих системах управління військами (силами) Збройних Сил України // Зб. наук. праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУО України ім. І. Черняхівського. 2014. № 2 (51). С. 107–112.
9. Короленко В. А., Синявский В. К., Верещагин С. И. Автоматизация системы управления войсками: на пути от идеи к решению // Автоматизация управления войсками. 2013. № 1. С. 32–39.

Подано 28.09.2020

REFERENCES

1. Masnoi, V., & Sudakov, Iu. (2003). Avtomatizirovannye sistemy upravleniia sukhoputnymi voiskami SShA [Automated command and control systems for the US Army]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie [Foreign military review]*, 9, 25–32 [in Russian].
2. Batsamut, V. M., Babak, S. A., & Dobranytsia, O. P. (2005). Avtomatyzatsiia protsesu pryiniattia rishennia na zastosuvannia syl viisk pry uskladnenni operatyvnoi obstanovky [Automation of the decision-making process for the use of military forces in complicating the operational situation]. *Chest i zakon [Honor and Law]*, 3, 11–17 [in Ukrainian].
3. Poberezhnyi, A. A., Horielyshev, S. A., & Salnykov, O. M. (2012). Metodyka poshuku ratsionalnogo marshrutu za dopomohoiu heoinformatsiinoi systemy [Methods of searching for a rational route with the help of a geoinformation system]. In *Naukove zabezpechennia sluzhbovo-boiovoi diialnosti VV MVS Ukrainy: zb. tez dop. IV nauk.-prakt. konf. [Scientific support of service and combat activities of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine: coll. thesis add. IV scientific-practical conf.]*. Kharkiv, February 22, 2012. (pp. 80–81). Kharkiv: Akad. VV MVS Ukraine [in Ukrainian].
4. Batsamut, V. M., Horielyshev, S. A., Poberezhnyi, A. A. (2013). Vykorystannia heoinformatsiinoi systemy u planuvanni marshu chastyn ta pidrozdiliv vnutrishnikh viisk MVS Ukrainy [Use of geoinformation system in march planning of units and subdivisions of internal troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]. *Zb. nauk. prats Akademii vnutrishnikh viisk MVS Ukrainy [Collection of scientific works of the Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]*, 2 (22), 21–25 [in Ukrainian].
5. Lytvynenko, N. I. (2007). Zastosuvannia HIS dlia orhanizatsii peremishchen pidrozdiliv viisk (syl) [Application of GIS for the organization of movements of divisions of troops (forces)]. In *Heoinformatsiyni monitorynh navkolyshnoho seredovyscha: GPSi GIS-tekhnologii: materialy XII Mizhnar. nauk.-tekhn. Sympoziumu [Geoinformation monitoring of environment: GPS and GIS-technologies: materials XII International scientific and technical symposium]*. Alushta, September 10–15, 2007. (pp. 103–107). Alushta [in Ukrainian].
6. Pichuhin, M. F., Buchyk, S. S., Sobolenko, S. O., & Yermakov, V. O. (2010). *Osnovy viiskovoho upravlinnia. Ch. 1. Osnovy zahalnoi teorii upravlinnia [Fundamentals of military management. Part 1. Fundamentals of general management theory]*. Zhytomyr: ZhMI NAU [in Ukrainian].
7. Reshmin, B. (2016). *Imitatsionnoe modelirovanie i sistemy upravleniia [Simulation and control systems]*. Izhevsk [in Russian].
8. Hatsenko, S. S., Kalnytskyi, Yu. M., & Helveichuk, O. M. (2014). Problema rozpodilu informatsiinykh potokiv v avtomatyzovanykh systemakh upravlinnia viiskamy (sylamy) Zbroinykh Syl Ukrainy [The problem of distribution of information flows in automated control systems of troops (forces) of the Armed Forces of Ukraine]. *Zb. nauk. prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen NUO Ukrainy im. I. Cherniakhovskoho [Coll. Science. Proceedings of the Center for Military and Strategic Studies NDU of Ukrainian named after I. Chernyakhovsky]*, 2 (51), 107–112 [in Ukrainian].
9. Korolenko, V. A., Siniavskii, V. K., & Vereshchagin, S. I. (2013). Avtomatyzatsiia systemy upravleniia voiskami: na puti ot idei k resheniiu [Automation of the command and control

system: on the way from idea to solution]. *Avtomatizatsiia upravleniia voiskami [Automation of command and control]*, 1, 32–39 [in Russian].

O. O. Hrebenuk, M. U. Bedzay

AUTOMATED ROUTE SELECTION AND CALCULATION ALGORITHM OF DIVISION MARKET FOR SOFTWARE ADDITION MOBILE COMMUNICATIONS

The experience of the Joint forces operation shows the need to create ACS by the actions of JI units at the tactical level. This due is need to ensure the awareness of geographically distributed units, added forces and means, individual servicemen on the battlefield and a high level of efficiency in the management of units.

The article discusses the basic principles of using special software applications for mobile communications, based on geographic information system (GIS) for planning the march of units and subdivisions.

The expediency of using a mobile platform based on mobile communications as a software carrier is analyzed. Requirements for information systems based on GIS and software applications for mobile communications have been met in order to slow down the efficiency at the stage of planning the relocation of the unit. For this purpose, it is proposed to develop a software application based on the presented algorithm for calculating the march using GIS. The developed algorithm describes the sequence of actions to automate the process of choosing the optimal route on the map, the calculation of the march and its main parameters.

The developed algorithm describes the sequence of actions to automate the process of choosing the optimal route on the map, the calculation of the march and its basic parameters. It's proposed to use digital maps as cartographic services and technologies of Google Maps or Yandex Maps, which advantages are multi-layered and versatile. This approach could automate calculations, improve the efficiency and effectiveness of the commander's decision on the choice of position area and planning the march.

In future, it's worth noting the expansion of the functionality of the software application to the level of mobile information and reference system of the unit commander by developing special app, as well as the use of known software utilities and information resources.

Keywords: *geoinformation system; calculation of the traffic route; Dijkstra's method; graph theory.*