



RELEF MORFOMETRIK KO'RSATKICHLARI ASOSIDA MARSHRUTLASHNING MODEL VA ALGORITMLARI

Maxmudov Maksud Sheralievich

Buxoro davlat texnika universiteti

E-mail: shm.maxmudov@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19945751>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 26-aprel 2026 yil

Ma'qullandi: 28-aprel 2026 yil

Nashr qilindi: 30-aprel 2026 yil

KEYWORDS

relief, morfometriya, marshrutlash, algoritim, relief murakkablik koeffitsiyenti, o'rtacha qiyalik, qisqa yo'l algoritmi, raqamli relief modeli (DEM), optimallashtirish, grafiklar nazariyasi, GIS texnologiyalari, muhandislik tarmoqlari, yo'l loyihalash, fazoviy tahlil.

ABSTRACT

Hozirgi kunda muhandislik-kommunikatsiya tizimlarini loyihalash, transport yo'llarini rejalashtirish va geografik axborot tizimlarida (GIS) optimal yo'nalishlarni aniqlash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, murakkab relief sharoitida qisqa yo'lni aniqlash faqat masofaga emas, balki reliefning qiyaligi va murakkablik darajasiga ham bog'liq bo'ladi. Mazkur ilmiy maqolada relief morfometrik ko'rsatkichlari asosida optimal marshrutlash masalasi ko'rib chiqiladi. Raqamli relief modeli (DEM) asosida qiyalik, ekspozitsiya va balandlik gradientlari aniqlanib, ular asosida marshrut tanlash algoritmlari ishlab chiqiladi.

Hozirgi kunda geografik axborot tizimlari (GIS) va raqamli relief modellari asosida hududlarni tahlil qilish va optimal marshrutlarni aniqlash muhim ahamiyat kasb etmoqda. Nazariy ma'lumotlarning amalda virtual tajriba -sinov ishlari o'tkazilgan bo'lib, relief morfometrik ko'rsatkichlari – ya'ni, lokal murakkablik koeffitsiyentlari va lokal o'rtacha qiyalik qiymatlariga asoslangan eng qisqa yo'l – Deykstra algoritmgiga tadbiq etishning model va algoritmlari ishlab chiqilgan.

Asosiy qism: Ob'yektlar orasidagi munosabatlarni tadqiq qilishda graflardan foydalanish eng qulay va samarali usul bo'lib, bugungi kunda dasturlashda, hodisa va jarayonlarni raqamlashtirishda, neyro tarmoqlarda, mashinaviy o'qitishda keng qo'llab kelinmoqda. Misol uchun, ko'p tarmoqli yo'llarda bir punktdan ikkinchi punktga ma'lum bir shartlar asosida (eng qisqa yoki eng xavfsiz) marshrutni tanlashda, yuklarni punktlar bo'ylab kam xarajatli tashishda graflar ustida Deykstra¹ algoritmi [8] qo'llaniladi.

Dastlabki shartlar quyidagicha shakllantirilgan:

¹ Edsger Wybe Dijkstra (11.05.1930-06.08.2002) – Daniyalik matematik, fizik, dasturchi olim. Deykstra algoritmi asoschisi.

$$\begin{cases} N = \{j/j = 1, 2, \dots, n\}; - \text{tugunlar (punktlar)}; \\ R_k = \{j_1^k, j_2^k, \dots, j_r^k, \dots, j_{s_k}^k\}; - j_r^k \text{ raqamli tugunni } k - \text{marshruti}; \\ j_0^k = j_{s_k+1}^k = 0; - \text{boshlang'ich va oxirgi marshrutlar xalqasimon}; \\ S_k \geq 1; - \text{punktlerden iborat } R_k \text{ marshrut uzunligi.} \end{cases} \quad (1.1)$$

$R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$ xalqasimon marshrutlar tizimini tashkil etish talab etiladi:

$$\begin{cases} \bigcup_{k=1}^m R_k = N; - \text{marshrut}; \\ R_r \cap R_k = \emptyset. \end{cases} \quad (1.2)$$

Bu yerda: $r, k = 1; r \neq k$ - ikkita marshrutlar kesishmaydi.

Ushbu marshrutlar tizimi eng qisqa bo'lishi lozim:

$$\sum_{k=1}^m \sum_{r=0}^{S_k} l_{j_r^k j_{r+1}^k} \rightarrow \min(j_0^k = j_{s_k+1}^k = 0). \quad (1.3)$$

Bu yerda: l_{ij} - punktlar orasidagi masofa.

M.M. Lukichev temir yo'l aloqa texnologik tarmog'ida boshqaruv, taxliliy va boshqa turdagi axborotlarni aniq, tez va xavfsiz yuborishda Deykstra algoritmini qo'llagan. U taklif etgan aloqa texnologik tarmogi uchun kiruvchi ma'lumotlarni vaznli oriyentirsiz graf ko'rinishida shakllantirishni taklif etgan:

$$G = \{A, R, C, W\} \quad (1.4)$$

Bu yerda: $A = \{a_i\}$ - tugunlarni tashkil etuvchi texnologik qurilmalar to'plami;

$R = \{a_i a_j\}$ - bog'lovchi kanallar to'plami;

$W = \{w_i\}$ - har bir R kanalning o'tkazuvchanlik qobiliyatini tavsiflovchi vektor;

$C = \{r_{a_i a_j}\}$ - har bir bog'lovchi uchun integral vazn koeffitsiyenti.

Aloqa texnologik tarmog'ini M.M. Lukichev taklif etgan Deykstra algoritmi:

$$C_{ij} = \sum_{h=1}^e C_{i,j}^h \cdot u^h \quad (1.5)$$

Bu yerda: e - ko'rib chiqilayotgan parametrlar soni;

u^h - ko'rilayotgan parametrning ustunlik koeffitsiyenti.

Deykstra algoritmining mohiyati boshlang'ich tugun bilan unga qo'shni bo'lgan tugunlarning vaznlari solishtirib eng kichik vazn tugunga birlashtiriladi. Ushbu jarayon oxirgi tugunga qadar davom etadi. Natijada bir tugundan boshqa bir tugunga eng kam vaznli borish marshruti hosil qilinadi.

Deykstra algoritmini matematik modelini quyidagi bosqich va qadamlarda ifodalash mumkin:

1-bosqich. Qisqa yo'lni uzunligini aniqlash bosqichi.

1-qadam. Tugunlarga dastlabki qiymat belgilash.

x_i - tugunlar; x_s - boslang'ich tugun; x_t - oxirgi tugun; $d(x_i)$ - vaznga ega bo'lgan tugun va $d(x_s) = 0$, qolgan $x_i \neq x_s$ va $d(x_i) = \infty$, $y = x_s$ deb olinadi.

2-qadam. Tugunlarning vazn qiymatlarini qayta hisoblash.

$$d(x) = \min\{d(x_i), d(y) + l(y, x)\}. \quad (1.6)$$

3-qadam. Tugunga minimal vaznli bog'lovchi $d(x_j^*)$ qiymatini birlashtirish.

$$d(x_j^*) = \min\{d(x_j), x_j \in X, d(x_j) - \text{vaqtinchalik tugun}\} \quad (1.7)$$

4-qadam. Birinchi bosqich tugaganligini tekshirish.

Agar $y=x_t$ bo'lsa, unda $d(y)$ - qisqa masofa uzunligi (x_s dan x_t gacha), aks holda 2-qadamga o'tiladi.

2-bosqich. Qisqa yo'lni qurish.

5-qadam. Qisqa yo'l bog'lovchilarini ketma-ket qidirish.

$$d(y) = d(x_i) + l(x_i, y); \quad (x_i, y) \text{ bog'lovchi uchun } y = x_i \quad (1.8)$$

6-qadam. Ikkinchi bosqich tugaganligini tekshirish.

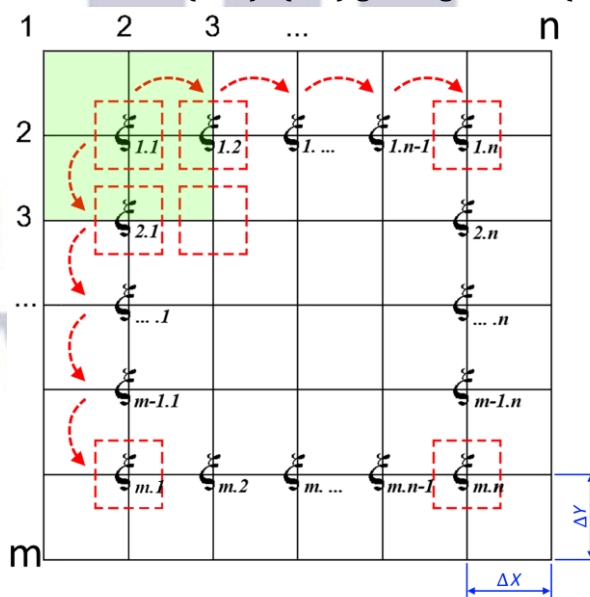
Agar $y=x_s$ bo'lsa, unda qisqa yo'l qurish tugaydi, aks holda 5-qadamga o'tiladi.

Deykstra algoritmidagi vaznlarni x_s dan x_t gacha bo'lgan bog'lovchilarga biriktirib chiqilgandan keyin, teskari ketma-ketlik x_t dan x_s gacha o'rnatib, trassa quriladi.

Relief morfometrik ko'rsatkichlari quyidagi formulalar orqali aniqlanadi, Reliefning lokal o'rtacha qiyalik qiymatlari eng kichik bo'lgan hududlar asosida eng qisqa marshrutni aniqlash esa suv xo'jaligida ariq va kanallarni yoki oqava suvlarni o'zining oqim yo'nalishi bo'yicha loyihalashga imkon beradi. Xuddi shuningdek tog' va tog'oldi hududlarda yo'l qurilishida xavfsizlik darajasi minimal bo'lgan trassani qurish imkonini beradi.

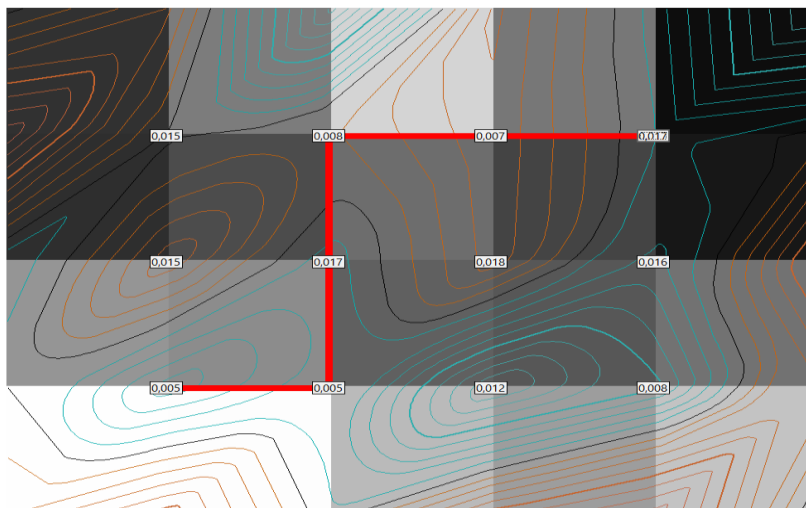
Relief lokal murakkablik koeffitsiyentlari va lokal o'rtacha qiyalik qiymatlarini aniqlash algoritmlari bir xil bo'lishini, yani 3×3 matritsali kvartal asosida hisoblanishini inobatga oladigan bo'lsak, eng qisqa yo'l – Deykstra algoritmini har ikkala holat uchun bir tizimli qilib ishlab chiqish mumkin.

Relief murakkablik koeffitsiyenti va o'rtacha qiyaligi to'g'ri burchakli to'r ma'lumotlari asosida qurilishini inobatga oladigan bo'lsak, 3×3 matritsali 9 ta tugundan iborat hudud – "kvartal" deb nomlanib, bitta lokal murakkablik koeffitsiyentini hamda bitta lokal o'rtacha qiyalikni hisoblash uchun asos bo'ladi. Kvartal oynasi $m \times n$ matritsali hudud bo'ylab siljib butun hududni qamrab oladi va kvartallar soni $(m-2) \times (n-2)$ ga teng bo'ladi (1-rasm)



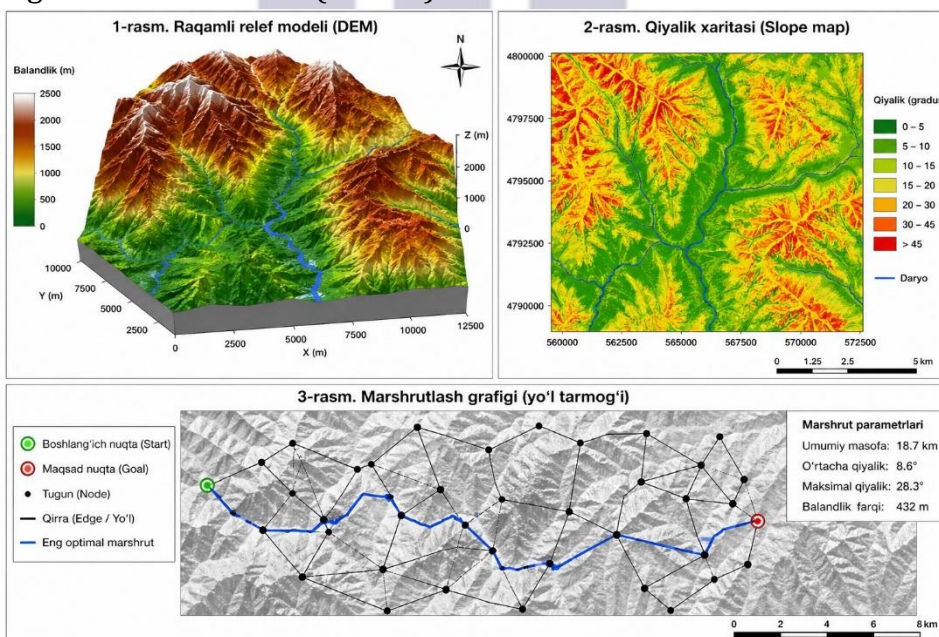
1-rasm. 3×3 matritsali kvartalni $m \times n$ matritsali hudud bo'ylab qamrab olish sxemasi.

Deykstra algoritmini relief lokal murakkablik koeffitsiyenti – ξ , yoki lokal o'rtacha qiyaliklar qiymati – $\tan \alpha$ ga nisbatan qo'llash algoritmining blok-sxemasi ishlab chiqildi (2-rasm, dastur kodi keltirilgan).



4-rasm. Deykstra algoritmini relief o'rtacha qiyaliklariga nisbatan qo'llanishi

Relief murakkablik koeffitsiyenti va relief o'rtacha qiyaliklari bir-biriga yaqin biroq turlicha parametrlarni belgilaydi. Relief murakkablik koeffitsiyenti muhandislik-loyihalash amaliyotida tuproq ishlari hajmi ko'p yoki kamligini belgilab beruvchi omil bo'lsa, o'rtacha qiyalik loyiha talablaridan kelib chiqib loyihani belgilangan hudud uchun optimal yoki nooptimalligini baholovchi omillardan biridir. Muhandislik-loyihalash amaliyotida qaror qabul qilishda shu ikki omilni hisobga olish talab etiladi. (5-rasm)



5-rasm Relief murakkablik koeffitsiyenti muhandislik-loyihalashda (DEM) va relefni murakkablik va qiyalikni, mashrutlashni umumiy ko'rinishi

Xulosalar: Geografik koordinatalar tizimida yer relefini raqamli modellashtirish quyidagi xulosalarga olib keldi:

1. Ob'yektlarni yer sirti ustida ma'lum bir burchakka burishda Dekart koordinatalar tizimining burish qonuniyatlariga mos ravishda qo'shimcha o'zgarish koeffitsiyentlarni kiritish talab etilishi aniqlandi va bu koeffitsiyentlar bir daraja meridian uzunligini burish nuqtasining bir daraja parallel uzunligi bilan o'zaro nisbatlari ekanligi topildi, yani $k_1 = \frac{P_r^1}{M_r^1}$ va $k_2 = \frac{M_r^1}{P_r^1}$. Shu

asosda geografik koordinatalar tizimida ob'yektlarni burishning model va algoritmlari ishlab chiqildi.

2.Geografik koordinatalar tizimida ob'yektlarni burishdan keying koordinatalarini aniqlashning nazariy ishlanmalari MatCAD dasturining hisob-kitoblari asosida Google Earth interaktiv onlayn xaritasida olib borilgan tajriba-sinov natijalari bilan o'z tasdig'ini topdi.

3.Buxoro shahrining relef tuzilishi to'g'risidagi dastlabki ma'lumotlar ilk bor real vaqt rejimida onlayn olinishiga erishildi.

Eng qisqa yo'lni qurishning Deykstra algoritmi ilk bor relef sirtining lokal murakkablik koeffitsiyentlari va lokal o'rtacha qiyaqliklari asosida qurilishiga erishildi.

Adabiyotlar:

1. Equator. <https://en.wikipedia.org/wiki/Equator> (murojaat sanasi: 15.01.2025)
2. Meridian (geography) [https://en.wikipedia.org/wiki/Meridian_\(geography\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Meridian_(geography)) (murojaat sanasi: 15.01.2025)
3. MapKit Rotate Rectangle Around Center.
4. <https://stackoverflow.com/questions/49310329/mapkit-rotate-rectangle-around-center> (murojaat sanasi: 15.01.2025)
5. How do I rotate a rectangle of latitude and longitude? 25.07.2014. <https://math.stackexchange.com/questions/877469/how-do-i-rotate-a-rectangle-of-latitude-and-longitude> (murojaat sanasi: 15.01.2025)
6. Khaitov B.U. Makhmudov M.Sh. Rotation of objects in a geographical coordinate system. Science Shine: International scientific journal. – Uzbekistan: Fergana. 2024. ISSN: 3030-377X. Iss-15, Vol-1. – pp. 213-217. <https://science-shine.uz/index.php/ilmnuri/article/view/454> (murojaat sanasi: 15.01.2025)
7. Хаитов Б.У., Махмудов М.Ш. Алгоритм вращения объектов в географической системе координат // Research and development-2024: Сборник статей межд. научно-прак. конф. 20 мая 2024 г. – Петрозаводск. МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2024. – С. 11-15.
8. Канатников А.Н., Крищенко А.П. Аналитическая геометрия. 2-е изд. / Под ред. В.С. Зарубина. – М. Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2000. – 388 с.
9. Dijkstra's algorithm. https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm (murojaat sanasi: 02.10.2025)
10. Заколдаев Д.А. Методы и алгоритмы проектирования маршрутов электронных реляционных документов в приборостроении. Автореф. ... канд. тех. наук. 05.13.12. – Санкт-Петербург. 2012. – 19 с.
11. Никоноров В.М. Оптимизация логистических показателей мелкопартионных перевозок на автомобильном транспорте. Автореф. ... канд. эконом. наук. 08.00.13. – Санкт-Петербург. 2013. – 19 с.
12. Солдатенко А.А. Разработка алгоритмов комбинаторной оптимизации для анализа графовых и гиперграфовых сетей. Автореф. ... канд. физ-мат. наук. 05.13.17. – Красноярск. 2012. – 19 с.
13. Лукичев М.М. Методика формирования потоковой структуры технологической сети связи ОАО «РЖД». Автореф. ... канд. тех. наук. 05.12.13. – Санкт-Петербург. 2021. – 24 с.

14. Иванчикова М.А. Методы и алгоритмы реконфигурирования параметров и структур мультипровайдерных сетей распределенных центров обработки данных. Автореф. ... канд. тех. наук. 05.13.15. – Рязань. 2019. – 27 с.
15. Чжо Мьо Хан. Планирование расписания и управление движением пассажирского транспорта с использованием моделирующей среды. Автореф. ... канд. тех. наук. 05.13.01. – Москва. 2010. – 20 с.

