

Optimizarea traseelor de transport rutier

Grațian-Dinu Bolog,
Clubul de Ciclism "Tibiscus" Timișoara
Lect.dr.ing. Tiberiu-Marius Karnyanszky,
Universitatea "Tibiscus" Timișoara

ABSTRACT. This paper is presenting a method of shortest-way between two localities determination, applied to a roadway net used for transportation. The starting point is a representation of the roadways (practically, the entire Romanian roadway system), creating an unoriented graph. A graph is a $G=(X, \Gamma)$ pair composed by the X set of nodes (i.e. the localities) and the Γ set of arches (i.e. the roadways linking the localities). The unoriented character is given by the bidirectional way of transportation between the localities. If the method is applied inside a locality, the problem is similarly.

1 Considerații generale

Determinarea drumului minim între două vârfuri ale unui graf este o problemă clasică din teoria grafurilor și ea are câteva metode de rezolvare și numeroase aplicații practice.

Aplicarea în practică însă se lovește de diversitatea și complexitatea factorilor care influențează viteza de deplasare și anume:

- tipul vehiculului;
- tipul drumului pe care se deplasează și calitățile sale;
- linearitatea drumului, declivitatea sa;
- volumul traficului;
- numărul de localități străbătute și lungimea acestora;
- condițiile atmosferice și influența lor asupra suprafeței drumului și a zonei imediat adiacente etc.

O analiză simplă, teoretică, a distanței (DP) respectiv timpului de parcurs (TP) se poate face luând în calcul numai distanțele între localități. În acest caz, datele necesare sunt grupate în următoarele fișiere:

- NUME.TXT, conținând poziționarea localităților pe o hartă, în vederea reprezentării grafice a zonei respective și selectării localităților de start și destinație, și denumirile localităților;
- DIST.TXT, conținând distanțele de la fiecare la fiecare localitate în parte, măsurate în kilometri [D+93]; valorile particulare utilizate sunt 0, pentru distanța de la o localitate la ea însăși și respectiv 9999 pentru a indica lipsa unui drum direct între două localități.

2 Considerații practice

Rezultatele aplicării metodei prezentată anterior nu sunt relevante pentru un transportator deoarece, chiar dacă acesta obține distanța cea mai scurtă între două localități, de aici nu rezultă imediat timpul necesar efectuării transportului.

Se cunoaște din fizică relația care definește viteza de deplasare a unui vehicul:

$$v = \frac{d[km]}{t[h]} \quad [km/h] \quad (2.1)$$

de unde, teoretic, timpul de parcurs este:

$$t = \frac{d[km]}{v[hm/h]} \quad [h] \quad (2.2)$$

care însă nu este valoarea TP dorită de transportator, deoarece semnificația lui v în această formulă este de *viteză medie*, care nu este cunoscută, și astfel nici TP nu se poate determina imediat.

Valoarea acestei viteze medii depinde, așa cum am arătat mai sus, de numeroși factori. În cele ce urmează se va analiza modalitatea în care se poate determina viteza medie și de aici TP funcție de viteza maximă admisă pe segmentele ce compun drumul de lungime minimă și de tipul vehiculului care efectuează transportul. Pentru aceasta aplicația folosește un alt fișier:

- DRUM.TXT, conținând tipul drumului de la fiecare la fiecare localitate în parte, de forma A1 pentru autostradă, E11 pentru drumuri expres și europene, N111 pentru alte drumuri [D+93].

Programul permite efectuarea a 4 tipuri diferite de calcule:

- a) distanța minimă între 2 localități. Algoritmul utilizat este Bellman-Kalaba [Kar02] care are avantajul că este ușor de implementat iar calculul durează foarte puțin și permite determinarea atât a drumului cel mai scurt cât și a traseului de urmat.
- b) timpul de parcurgere a distanței între 2 localități. Problema se ramifică în următoarele subprobleme:
 - după categoria vehiculului, viteza maximă cu care acesta poate circula, conform reglementărilor legale ([HGR03 art. 156, OGR02b]), este conform tabelului 1:

Tabelul 1: Viteza maximă legală admisă

Categorie vehicul	Autostradă	Drum expres/ european	Celelalte drumuri
A (motocicletă) B (autoturism)	130	100	90
C (autocamion) D (microbuz/autobuz)	110	90	80
B1 (turism ușor) C1 (camion ușor)	90	80	70

- pentru anumite categorii de vehicule există restricții legale privind numărul de ore de conducere respectiv de odihnă ([L03, OGR02a]) astfel: „După o perioadă de conducere de 4 ore și jumătate conducătorul auto trebuie să ia o pauză de cel puțin 45 de minute, exceptând cazul în care începe o perioadă de odihnă.” ([OGR02a] art. 5).

Pentru exemplificarea primei situații de calcul, am efectuat o ridicare a pozițiilor și distanțelor câtorva localități din țară [D+93] a căror reprezentare este ca în figura 1. Calculele arată că drumurile cele mai scurte pentru a pleca din Timișoara și a ajunge la destinație sunt:

- pentru București: 553 km
Timișoara- Deva- Sibiu- Pitesti- Bucuresti
- pentru Iași: 751 km
Timișoara- Deva- Sibiu- Brasov- Bacau- Vaslui- Iasi
- pentru Constanța: 819 km
Timișoara- Deva- Sibiu- Pitesti- Bucuresti- Constanta

Pentru exemplificarea situației 2 de calcul, după ridicarea pozițiilor și distanțelor câtorva localități din țară [D+93], calculele arată că drumurile

cele mai scurte pentru a pleca din Timișoara și a ajunge la destinație se parcurg în următorii timpi:

- pentru București, autoturism: 553 km
Timisoara-Deva=159km=DN= 1.27 ore
Deva-Sibiu=120km=E68= 2.10 ore
Sibiu-Pitesti=160km=E81= 1.6 ore
Pitesti-Bucuresti=114km=A1=1.27 ore
Timpul necesar parcurgerii distantei este de 5.83 ore



Figura 1: Rețeau de transport rutier a României

- pentru Iași, camion cu 1 șofer: 751 km
Timisoara-Deva=159km=DN= 1.77 ore
Deva-Sibiu=120km=E68= 1.20 ore
Sibiu-Brasov=140km=E68= 1.40 ore
Brasov-Bacau=177km=E877= 1.77 ore
Bacau-Vaslui= 83km=DN= 0.92 ore
Vaslui-Iasi= 72km=DN = 0.80 ore
Timpul necesar parcurgerii distantei este de 8.61 ore (se observă
înluderea timpului de odihnă)
- pentru Constanța, autocar cu 2 șoferi: 819 km

Timisoara-Deva=159km=DN = 1.77 ore
Deva-Sibiu=120km=E68 = 1.20 ore
Sibiu-Pitesti=160km=E81 = 1.60 ore
Pitesti-Bucuresti=114km=DN = 1.27 ore
Bucuresti-Constanta=266km=DN = 2.96 ore
Timpul necesar parcurgerii distantei este de 8.79 ore (fără timp de odihnă).

Dar viteza maximă determinată ca mai sus este doar una ipotetică, deoarece ea se obține în condiții ideale, în care vehiculul este singur pe drum. În realitate însă, cercetările de specialitate ([HKM82], [WA89]) au arătat că între viteza (medie) și numărul de vehicule care circulă simultan pe același drum există o legătură.

Astfel, considerând *fluxul* ca fiind numărul de vehicule care trec printr-un punct al drumului în unitatea de timp, literatura de specialitate oferă următoarea formulă pentru dependența flux funcție de viteză (figura 2)*:

$$q = k_j \cdot v - k_j \cdot \frac{v^2}{v_{\max}} \quad (2.3)$$

Un alt indicator al numărului de vehicule care circulă simultan este *densitatea* definită ca numărul de vehicule pe unitatea de lungime a drumului, pentru care există următoarele formule ale dependenței vitezei funcție de densitate (figura 3)**:

- formula lui Greenberg (nu reprezintă corect viteza la densități mici):

$$v = v_{opt} \cdot \ln\left(\frac{k_j}{k}\right) \quad (2.4)$$

- formula lui Underwood (nu reprezintă corect viteza la densități mari):

$$v = v_{\max} \cdot e^{-k/k_{opt}} \quad (2.5)$$

- formula lui Pipes și Munjal:

* formule în care s-au utilizat simbolurile: q =fluxul; v =viteza medie; v_{\max} =viteza maximă admisă; k_j =densitatea la care se produce blocarea traficului

** formule în care s-au utilizat simbolurile: v =viteza medie; v_{\max} =viteza maximă admisă; v_{opt} =viteza la care fluxul este maxim; k =densitatea; k_j =densitatea la care se produce blocarea traficului; k_{opt} =densitatea la care fluxul este maxim

$$v = v_{\max} \cdot \left(1 - \frac{k}{k_j}\right)^n, \quad n \geq 0 \quad (2.6)$$

-formula lui Drake:

$$v = v_{\max} \cdot e^{-1/2(k/k_j)^2} \quad (2.7)$$

-formula lui Drew:

$$v = v_{\max} \cdot \left(1 - \left(\frac{k}{k_j}\right)^{(n+1)/2}\right), \quad n \geq -1 \quad (2.8)$$

aceasta din urmă fiind cel mai des folosită, punând $n=0$, caz în care forma ei devine:

$$v = v_{\max} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{k}{k_j}}\right) \quad (2.9)$$

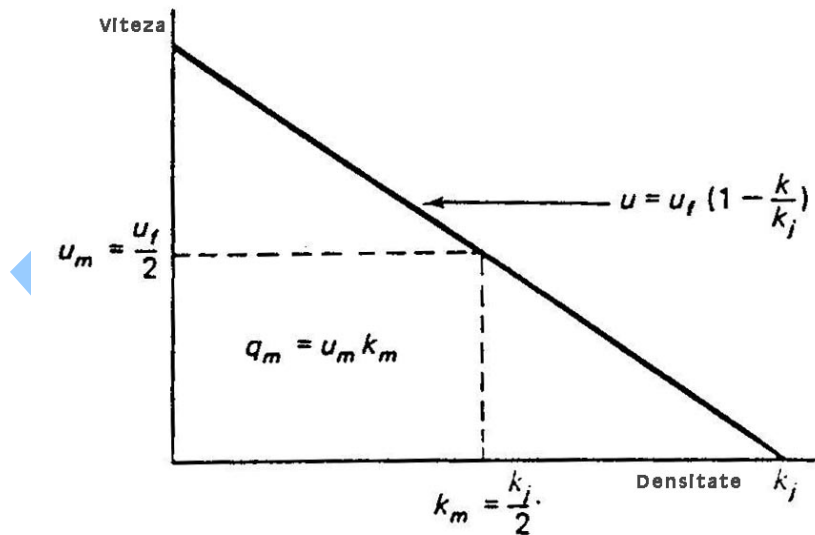


Figura 2: Dependența viteză/densitate

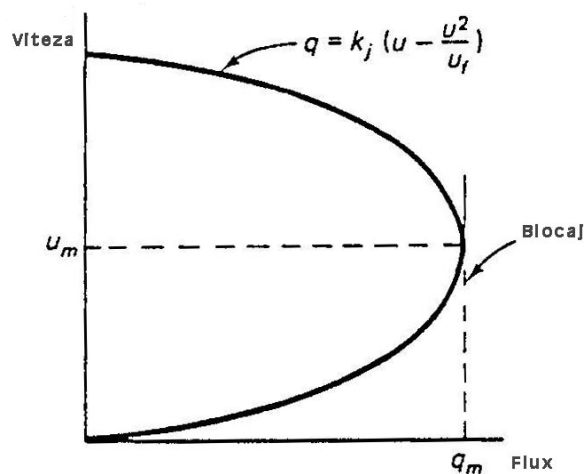


Figura 3: Dependența viteza/flux

Pentru a lua în considerare atunci și influența traficului existent asupra TD, se adaugă la baza de date încă un fișier care este actualizat on-line:
- FLUX.TXT, conținând numărul mediu de vehicule care trec în interval de o oră pe drumul respectiv.

Reluând situația b) de calcul se obține că drumurile cele mai scurte pentru a pleca din Timișoara și a ajunge la destinație se parcurg în următorii timpi (pentru un flux de 1/4 din cel maxim):

- pentru București, autoturism: crește de la 5.83 ore la 6.22 ore;
- pentru Iași, camion cu 1 șofer: crește de la 8.61 ore la 9.38 ore (inclusiv timpul de odihnă);
- pentru Constanța, autocar cu 2 șoferi: crește de la 8.79 ore la 9.53 ore.

3 Concluzii

Utilitatea metodei este aceea că ea permite determinarea ușoară a distanței și a timpului de parcurs între oricare două localități cuprinse în baza de date. Ea poate fi aplicată în transportul rutier și feroviar, turism de orice fel, concursuri sportive etc. Metoda se ancorează și mai mult în practică în momentul în care baza de date a distanțelor este completată cu informații despre calitatea drumurilor, datele meteorologice, gradul de încărcare etc. iar aceste informații sunt obținute on-line pentru a fi actualizate permanent.

Bibliografie

- [D+93] **Dragomir V., Toma G., Bulugu P., Ciobanu Gh.** – *România. Atlas turistic și rutier*, Editura Flomarco, București, 1993
- [HGR03] *** – *HGR 85/2003, Hotărâre pentru aprobarea Regulamentului de aplicare a Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 195/2002 privind circulația pe drumurile publice*, Monitorul Oficial Nr. 58, București, 2003
- [HKM82] **Homburger, W.S., Keefer, L.E., McGrath, W.R.** – *Transportation and Traffic Engineering Handbook, 2nd edition*, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C., 1982
- [Kar02] **Karnyanszky T.M.** – *Algoritmica grafurilor*, Editura Eubeea, Timișoara, 2002
- [Kar04] **Karnyanszky T.M.** – *Algoritmica grafurilor, ediția a II-a, revăzută și adăugită*, Editura Mirton, Timișoara, 2004
- [L03] *** - *Legea nr. 466 din 12 noiembrie 2003 pentru aprobarea Ordonanței Guvernului nr. 17/2002 privind stabilirea perioadelor de conducere și a perioadelor de odihnă ale conducătorilor vehiculelor care efectuează transporturi rutiere naționale*, Monitorul Oficial Nr. 837, București, 2003
- [OGR02a] *** – *OGR 17/2002, Ordonanța privind stabilirea perioadelor de conducere și a perioadelor de odihnă ale conducătorilor vehiculelor care efectuează transporturi rutiere naționale nr. 17/2002*, Monitorul Oficial Nr. 94, București, 2002
- [OGR02b] *** – *OGR 195/2002, Ordonanța de urgență privind circulația pe drumurile publice nr. 195/2002*, Monitorul Oficial Nr. 958, București, 2002
- [WA89] **Wright P.H., Ashford N.J.** – *Transportation Engineering. Planning and Design. Third edition*, John Wiley & Sons, 1989