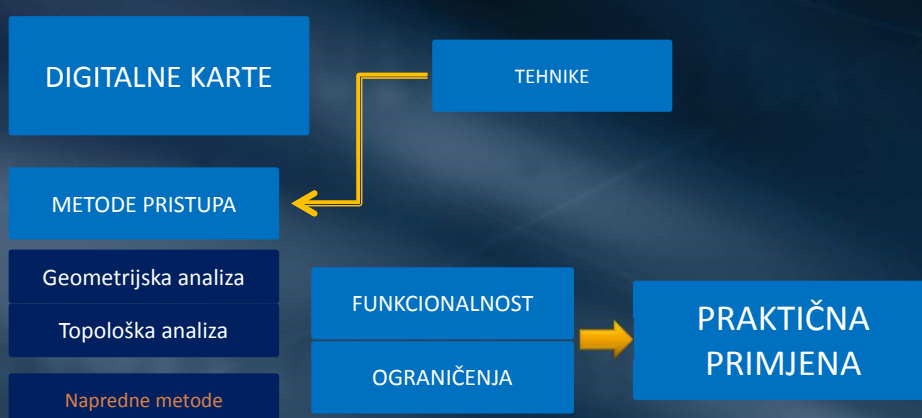


GEOMETRIJSKI I TOPOLOŠKI MAP-MATCHING ALGORITMI

Kristina Jezdić
Ivan Kolar
Alenka Mikolić

Koncept



Uvod

Map – matching algoritmi povezuju GPS trajektorije s digitalnim kartama (tj. sa središnjom linijom ceste) kako bi odredili ispravnu putanju vozila i utvrdili položaj vozila na digitalnoj cestovnoj mreži.

- Bitni su za poboljšanje učinka navigacijskih sustava (ITS)



Izvor: link 1

Digitalne karte

● Podložne pogreškama:

- mjerila,
- razine generalizacije,
- projekcije,
- referentnog okvira,
- koordinatnog sustava
- digitalizacije



Izvor: link 2

- Nedostatak cestovnih atributa (širina, broj traka, zabrane skretanja, klasifikacija ceste, obvezni smjer kretanja, jednosmjernost/dvosmjernost)

Tehnike za korištenje map – matching algoritama

- Poludeterministički
 - Početni položaj i smjer gibanja
- Probabilistički
 - određivanje eliptičkog ili pravokutnog prostora vjerojatnosti oko položaja dobivenog navigacijskim sensorom
- Fuzzy logika
 - definiranje većeg broja pravila prema kojima će se navigacijski podaci testirati na digitalnoj karti
- Proces prepoznavanja predložka

Metode pristupa

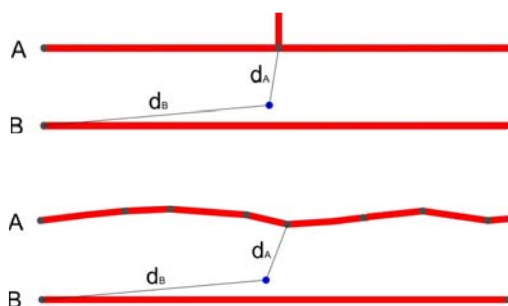
- **Geometrijski algoritmi**
- **Topološki algoritmi**
- Napredni algoritmi

Geometrijski algoritmi

Point to point

- Uklapanje točke po točku
- Euklidska formula za udaljenost na ravnini

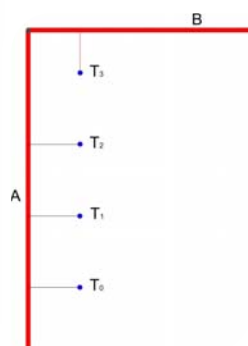
$$\|x - y\|_2 = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2}$$



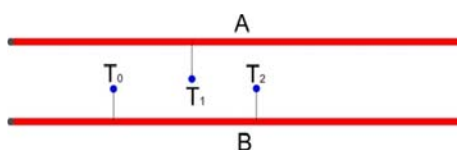
Geometrijski algoritmi

Point to curve

- Uklapanje točke u krivulju
- Okomita udaljenost točke do svake linije (min)



$$d(c, A) = \sqrt{\frac{[(a_2 - b_2)c_1 + (b_1 - a_1)c_2 + (a_1b_1 - b_1a_2)]^2}{(a_2 - b_2)^2 + (b_1 - a_1)^2}}$$



Geometrijski algoritmi

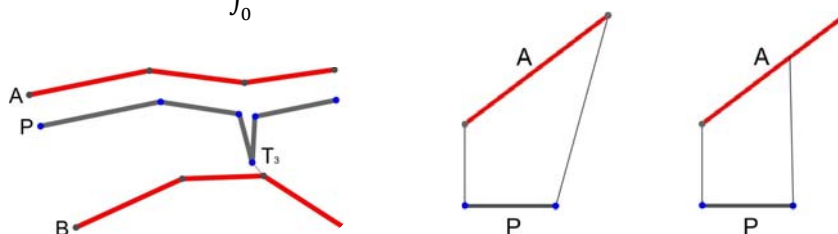
Curve to curve

- Uklapanje krivulje na krivulju
- Udaljenost između linija:
 - Udaljenost između dviju najbližih točaka linija

$$\|A - B\|_{\min} = \|a - b\|_{\min}, a \in A \text{ i } b \in B$$

- Prosječna udaljenost

$$\|A - B\|_2 = \int_0^1 \|a(t) - b(t)\| dt$$



Metode pristupa

- ~~Geometrijski algoritmi~~
- Topološki algoritmi
- Napredni algoritmi

Topološki algoritmi

- odnosi između točaka, linija i poligona
- mogu biti definirani kao:
 - susjedstvo (poligoni)
 - povezivost (linije)
 - okruženje (točke i poligoni)
- Nadovezuju se na geometrijske algoritme

Topološki algoritmi

Greenfeld (2002.)

- Težinski topološki algoritam.
- Uz topologiju, analiza koristi samo koordinate promatranih položaja korisnika bez podataka o smjeru ili brzini.
- Proces se sastoji od dva pod-algoritma:
 - Initial Mapping
 - Map

Topološki algoritmi

Meng i ostali (2003.).

- Koriste topološku analizu mreže prometnica kao podlogu za razvoj jednostavnog algoritma.
- Temelji se na korelaciji putanje vozila i topoloških objekata na cesti (zavoj, krivulje i povezanost cesta)

Poboljšani topološki algoritmi

- upotreba navigacijskih podataka GPS-a ili integriranih GPS/DR sustava uključujući lokaciju, brzinu i smjer.

Metode pristupa

- ~~Geometrijski algoritmi~~
- ~~Topološki algoritmi~~
- Napredni algoritmi

Napredni algoritmi

- Kalman filtera
- Dempster – Shafer matematičku teoriju,
- Fuzzy – logički model

Kim i ostali (2000) razvili su integrirani navigacijski sustav koji povezuje GPS, DR i map-matching tehniku za ATT aplikacije.

Najjar i Bonnifait (2003)

algoritam za potporu navigacijskog sustava u autu u realnom vremenu. Uzet je u obzir kriterij blizine i smjera.

Metode pristupa

- ~~Geometrijski algoritmi~~
- ~~Topološki algoritmi~~
- ~~Napredni algoritmi~~

Analiza 4 map-matching algoritma (White, Bernstein, Kornhauser)

ALGORITAM 1

- Pronalazi čvorove koji su blizu GPS točke
- traži skup linija koje se vezane za te čvorove.
- GPS točka se ortogonalno projicira na najbližu liniju.

ALGORITAM 3

- Varijanta drugog algoritma.
- Algoritam uzima u obzir i povezivost čvorova (connectivity).

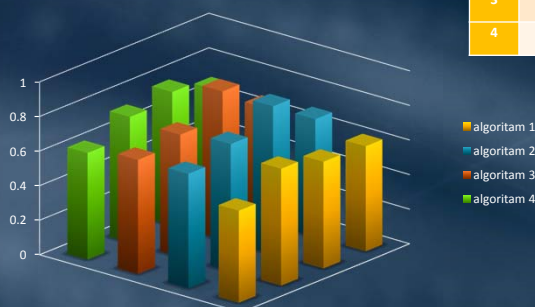
ALGORITAM 2

- identičan je prvom algoritmu, ali koristi i GPS smjer (Heading).
- Ako je smjer trajektorije okomit na najbližu liniju, neće se izvršiti uklapanje.

ALGORITAM 4

- 'curve to curve' algoritam

Opis ruta i rezultati



Ruta	Broj krivulja	Prosječna duljina krivulja (km)
1	12	0,1706
2	12	0,2246
3	14	0,1928
4	16	0,6083

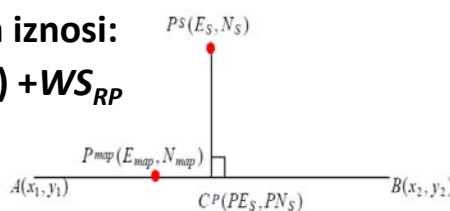
Algoritam	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
1	0,534	0,677	0,618	0,608
2	0,663	0,736	0,855	0,681
3	0,661	0,707	0,858	0,664
4	0,617	0,726	0,771	0,687

GPS/DR EKF map-matching algoritam

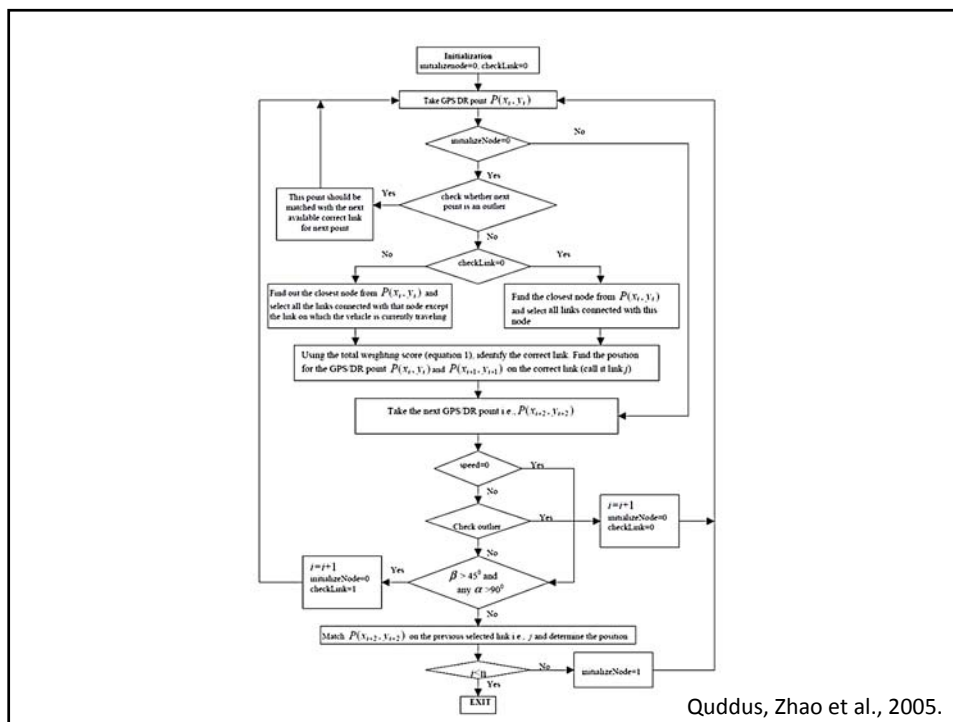
- Težina za smjer vozila i azimut trajektorije WS_H
- Težina za udaljenost točke od ceste(linije) WS_{PD}
- Težina za položaj točke u odnosu na linije WS_{RP}
- Težina za presjek linije mreže i trajektorije (ukoliko postoji) WS_{PI}

Ukupna težina (TWS) tada iznosi:

$$TWS = WS_H + (WS_{PD} + WS_{PI}) + WS_{RP}$$

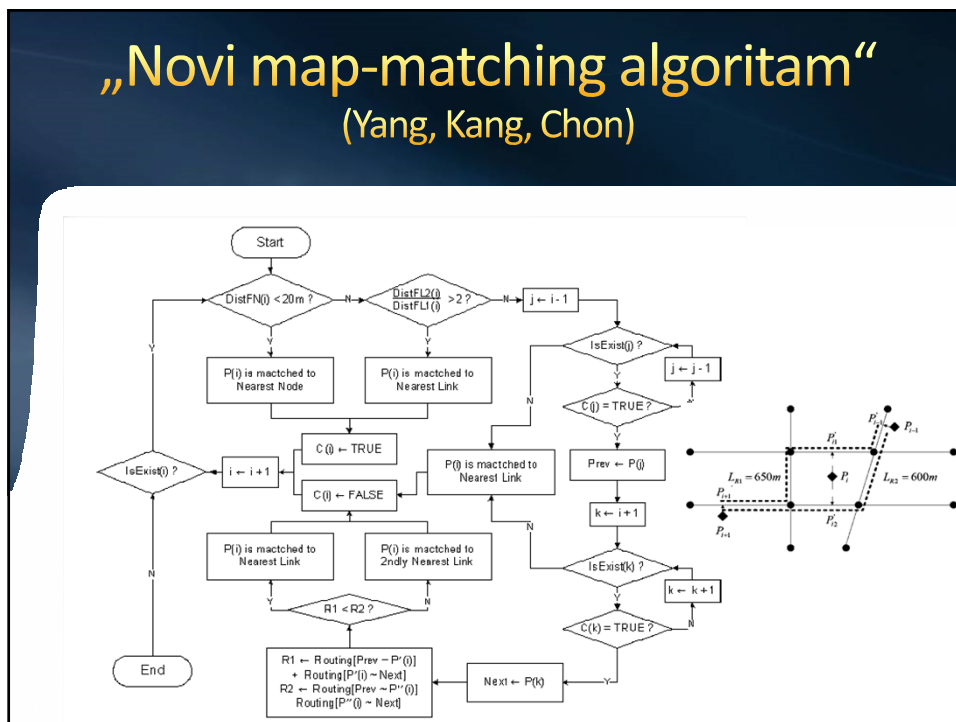


Quddus, Zhao et al., 2005.



Quddus, Zhao et al., 2005.

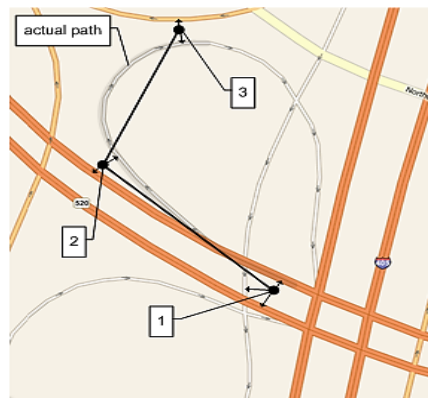
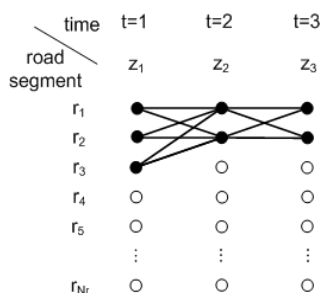
„Novi map-matching algoritam“ (Yang, Kang, Chon)



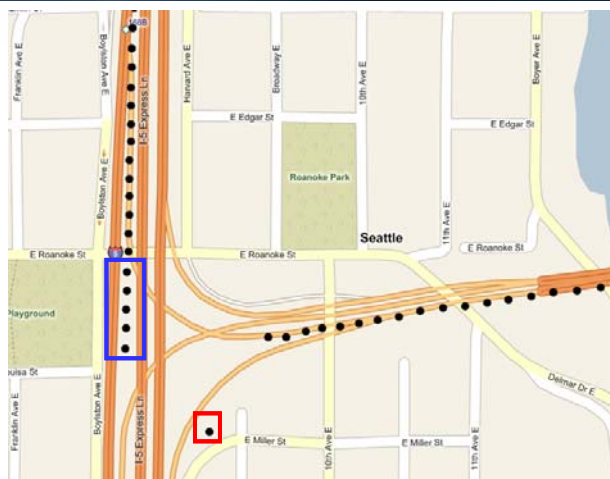
Hidden Markov Model (HMM)

(P. Newson i J. Krumm, Microsoft Research)

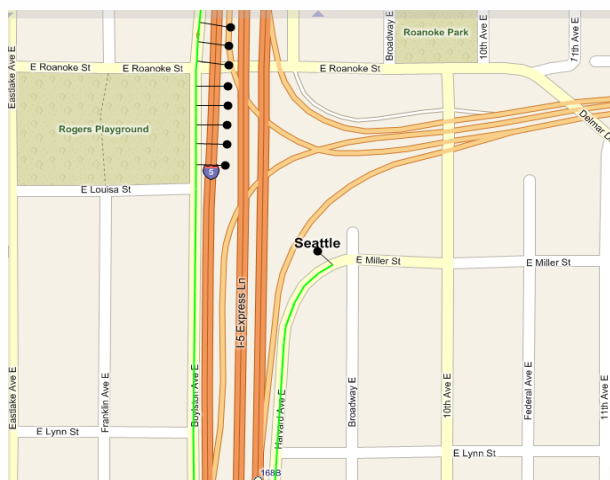
- Vjerojatnost pojedinih čvorova
- Vjerojatnost rute
- Odbacivanje nerealnih rezultata



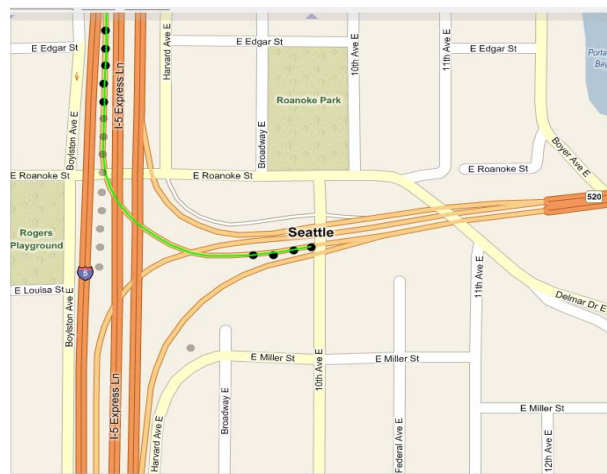
HMM – Problematične GPS točke



HMM – Problematično rješenje

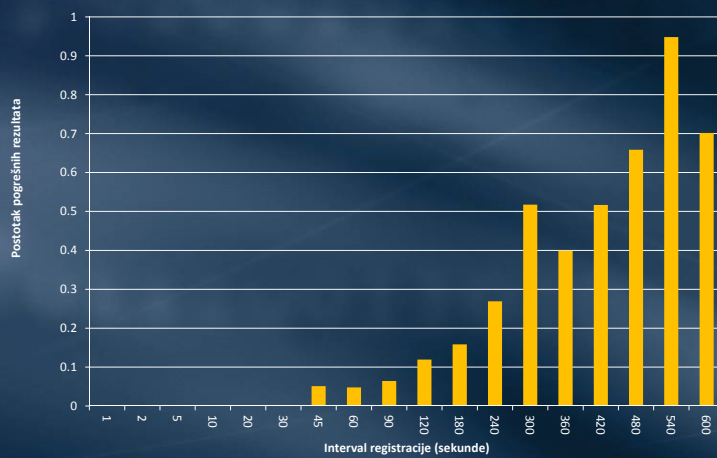


HMM – Konačno rješenje



Ovisnost o intervalu registracije

Ovisnost o intervalu registracije



Track matching

- Besplatan
- Interaktivan
- Open Street Map
- GPX datoteka

[Trackmatching](#)

Implementacija python map matching skripte u QGIS

Zaključak

- Važnost povezivanja podataka dobivenih putem GPS-a sa digitalnom cestovnom mrežom
- Upoznati se s problematikom i definicijom digitalnih karata
- Ovisnost o GPS intervalu registracije
- Upotreba jednostavnih naspram složenijih algoritama
- Veliki broj razvijenih rješenja
- Ogroman napor ulaže se u razvoj općeprihvatljivog rješenja

HVALA NA PAŽNJI!!!

Literatura

- Bačić, Ž. (2012/13) Nastavni materijali s predavanja iz kolegija Navigacija na kopnu i mobilno kartiranje, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Quddus, M.A., Ochieng W.Y., Noland R.B. (2007) Current map-matching algorithms for transport applications: State-of-art and future research directions. Transportation Research Part C 15 (2007) 312-328.
- Quddus M.A. (2006) High integrity Map Matching Algorithms for Advanced Transport Telematics Applications. Imperial College London, United Kingdom.
- Quddus M.A., Washington Y.O., Zhao L., Noland R.B A general map matching algorithm for transport telematics applications. Imperial College London, United Kingdom.
- White C.E., Bernstein D., Kornhauser A.L. (2000) Some map –amatching algorithms for personal navigation assistants. Transportation Research Part C 8 (2000) 91-108.
- Bernstein D., Kornhauser A. (1996) An introduction to Map Matching for Personal Navigation Assistants. Princeton University.
- Sakic E. (2012) Map-Matching Algorithms for Android Applications. Department od Electrical Engineering and Information Technology.
- Blazquez C.A A Decision-Rule Topological Map-Matching Algorithm with Multiple Spatial Data. Universidad Adreas Bello, Department od Engineering Science, Chile.
- Taylor G., Blewitt G., Steup D., Corbett S., Car A. Road Reduction Filtering for GPS-GIS Navigation. University of Newcastle Upon Tyne, United Kingdom.
- Xi L., Liu Q., Li M., Liu Z. Map Matching Algorithm ans Its Application. Soochow University in SuZhou, Nanjing University in Nanjing, China.
- Newson P., Krumm J. (2009) Data for „Hidden Markov Map Matching Through Noise and Sparseness“ . Redmond, WA USA
- Slike
 - link 1: <http://graphics.stanford.edu/projects/lgl/papers/cdgnw-ammrfd-11/image.gif>
 - link 2: http://www.geoinweb.com/wp-content/uploads/2010/screenshots/Nicaragua_Raids_Costa_Rica_Blames_Google_Maps-20101113-141205.jpg