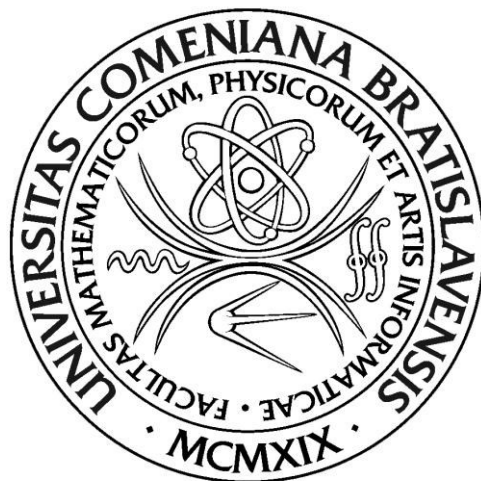


UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE FAKULTA  
MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



# GPS navigácia peších osôb v meste spojená s mestskou hromadnou dopravou

Diplomová práca

2016

Martin Palka

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A  
INFORMATIKY



GPS navigácia peších osôb v meste  
spojená s mestskou hromadnou  
dopravou

Diplomová práca

Študijný program: Aplikovaná informatika (jednorazove štúdium, magisterský II stupeň)

Študijný odbor: aplikovaná informatika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Školiteľ: RNDr. Marek Nagy, PhD.

Bratislava 2017

Bc. Martin Palka



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Bc. Martin Palka  
**Študijný program:** aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** aplikovaná informatika  
**Typ záverečnej práce:** diplomová  
**Jazyk záverečnej práce:** slovenský  
**Sekundárny jazyk:** anglický

**Názov:** GPS navigácia peších osôb v meste s mestskou hromadnou dopravou  
*GPS navigation of pedestrians in a city with public transport*

**Cieľ:** Preskúmať možnosti a technické prostriedky navigácie osôb prostredníctvom webovej aplikácie v mobilnom zariadení s GPS.  
Navrhnutá aplikácia bude zbierať dáta zúčastnených osôb, na základe ktorých navrhne časovo i finančne najvýhodnejšiu trasu z bodu A do bodu B. Predpokladané prostriedky dopravy sú: peši presun a MHD. Aplikácia bude osobu navigovať, monitorovať a robiť prípadné zmeny trasy.  
Uložené trasy užívateľov bude potrebné vhodnými metódami (napr. Kalmanov filter) previesť do konzistentnej podoby vzhľadom na použitú mapu mesta. V rámci trasy sa bude automaticky detekovať spôsob presunu osoby (pešo, linka MHD).

**Vedúci:** RNDr. Marek Nagy, PhD.  
**Katedra:** FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky  
**Vedúci katedry:** prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.  
**Dátum zadania:** 10.10.2016

**Dátum schválenia:** 13.10.2016

prof. RNDr. Roman Ďuríkovič, PhD.  
garant študijného programu

.....  
študent

.....  
vedúci práce

Čestne prehlasujem, že túto diplomovú prácu som vypracoval samostatne len s použitím uvedenej literatúry a za pomoci konzultácií u môjho školiteľa.

Bratislava, 2017

.....  
Bc.Martin Palka

# Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel v prvom rade pod'akovať môjmu školiteľovi

RNDr. Marekovi Nagymu, PhD. za jeho cenné rady a usmernenia, ktoré mi veľmi pomohli pri riešení tejto diplomovej práce. Takisto sa chcem pod'akovať všetkým mojím kamarátom a celej mojej rodine za podporu počas môjho štúdia

# Abstrakt

Tato práca sa venuje problematike GPS a navigovania peších po meste spojenej s mestskou hromadnou dopravou. Súčasnou tejto práce je prehľad existujúcich riešení a ich krátke zhodnotenie. V práci je popísaný návrh a implementácia nášho modelu, ďalej je tu popísaná detekcia presunu osôb.

# Abstract

This work deals with the issue of GPS and pedestrian navigation in the city with the city public transport. Part of this work is an overview of existing solutions and their brief assessment. The thesis also describes the design and implementation of our model, and there is described the transfer of persons.



# Obsah

## Obsah

Kapitola 1 .....	1
Uvod .....	1
Kapitola 2 .....	2
Motivácia .....	2
Motivácia .....	2
Kapitola 3 .....	3
Prehľad problematiky .....	3
3.1 Problematika GPS. Navigácie prostredníctvom webovej aplikácie .....	3
3.2 Problematika implementácie .....	3
3.1.1 GPS .....	4
Prímanie dát .....	4
3.1.2 Geolokácia .....	5
Triangulácia .....	5
3.1.2 The W3C Geolocation API .....	5
Funkčnosť .....	6
Google maps api .....	6
Kalmanov filter .....	7
Využitie filtra .....	8
3.2 Problematika implementácie .....	8
3.2.1 Clustrova analýza .....	9
3.2.2 Využitie clustra .....	11
3.2.3 Detekcia spôsobu presunu .....	12
3.2.4 Detekcia zastávok .....	12
3.2.3 Hľadanie cesty .....	13
Literatúra .....	14

# Kapitola 1

## Uvod

V dnešnej dobe existuje veľké množstvo GPS navigácii pre automobily. Male množstvo aplikácii je určené pre Bratislavu z integráciou hromadnej dopravy. Podobne riešenia ma aj google maps api to je nefunkčné. Nakoľko najpoužívanější navigácia je google maps ta v tejto lokalite umožňuje iba využitie automobilovej dopravy cyklistickej dopravy a peši presun. Cieľom tejto diplomovej práce je Preskúmať možnosti a technické prostriedky navigácie osôb prostredníctvom webovej aplikácie v mobilnom zariadení s GPS.

Aplikácia bude zbierať dáta zúčastnených osôb, na základe ktorých navrhne časovo i finančne najvýhodnejšiu trasu z bodu A do bodu B.

Predpokladané prostriedky dopravy sú:

- peši presun
- MHD.

Aplikácia bude osobu navigovať, monitorovať a robiť prípadné zmeny trasy.

Uložené trasy užívateľov bude potrebné vhodnými metódami (napr. Kalmanov filter) previesť do konzistentnej podoby vzhľadom na použitú mapu mesta.

V rámci trasy sa bude automaticky detegovať spôsob presunu osoby (pešo, linka MHD).

# Kapitola 2

## Motivácia

Na práci programátora ma najviac baví a motivuje očakávanie výsledku mojej práce. Motivuje ma to, že takto uľahčím každému cestovanie ľudí po meste. A hlavne vytvorenie modelu, ktorý bude schopný uchovávať si údaje o prejdenej trasách a vyhľadávať body zastávky, a bude schopný detegovať spôsob presunu a vyhľadávať najoptimálnejšiu trasu podľa zadáných parametrov. Viem, že táto téma je veľmi náročná, ale myslím, že spolupráca s mojim školiteľom mi môže priniesť veľmi cennú referenciu a štart do mojej kariéry.

# Kapitola 3

## Prehľad problematiky

V tejto kapitole si popíšeme problémy, ktoré treba riešiť pri návrhu a implementácii GPS. navigácie.

Problematiku tejto témy môžeme rozdeliť na dve logické časti a to problematika GPS navigácie a problematika implementácie. Pri problematike GPS. navigácie musíme brať do úvahy najmä funkčnosť GPS. navigácie, naopak pri problematike implementácie sa budeme zaoberať výberom vhodných API a vhodným návrhom architektúry samotnej aplikácie.

1. Problematika GPS. Navigácie prostredníctvom webovej aplikácie
2. Problematika implementácie

### 3.1 Problematika GPS. Navigácie prostredníctvom webovej aplikácie

GPS

geolokácia

the w3c geolocation api

triangulácia

Google maps api

Kalmanov filter

### 3.2 Problematika implementácie

Klustrova analýza

Detekcia spôsobu presunu

Nájdenie cesty medzi dvoma bodmi

### 3.1.1 GPS

Global Positioning System, Globálny polohový systém, skrátene GPS, je vojenský družicový navigačný prístroj prevádzkovaný Ministerstvom obrany Spojených štátov amerických, s ktorého pomocou je možné určiť geografickú polohu prijímača nachádzajúceho sa kdekoľvek na Zemi alebo nad Zemou s presnosťou jednotiek metrov a tiež čas s presnosťou na jednotky nanosekúnd. Presnosť určenia polohy s GPS je možné s použitím ďalších metód ešte zvýšiť až na jednotky centimetrov. Časť služieb tohto systému s obmedzenou presnosťou je voľne k dispozícii aj civilným používateľom.

#### Prímanie dát

Užívatelia pomocou GPS prijímača prijímajú signály z jednotlivých družíc, ktoré sú v danú chvíľu nad obzorom. Na základe prijatých dát (časových značiek z jednotlivých družíc a znalosti ich polohy) a vopred definovaných parametrov prijímač vypočíta polohu antény

trianguláciou, nadmorskú výšku a zobrazí presný dátum a čas. Komunikácia prebieha iba od družíc k užívateľovi, GPS prijímač je teda pasívny.

### 3.1.2 Geolokácia

Je metóda predpokladanie alebo identifikácia geografickej polohy objektu. Najbežnejšie zahŕňa sadu geografických súradníc. Niektoré lokalizačné systémy často využívajú metódy určovania polohy rádio frekvenciu, napríklad presnosť časového rozdielu príchodu (TDOA). Systémy TDOA často používajú mapové zobrazenia alebo iný geografický informačný systém. Ak nie je k dispozícii signál GPS, nealokačné aplikácie môžu použiť informácie z bunkových veží alebo wifi na trianguláciu približnej polohy tuto metódu využíva w3c geolocation api ktorú využíva naša aplikácia.

### Triangulácia

Triangulácia je proces, pomocou ktorého možno určiť polohu rádiového vysielača meraním radiálnej vzdialenosti alebo smeru prijatého signálu z dvoch alebo troch rôznych bodov. Triangulácia sa niekedy používa v bunkovej komunikácii na určenie geografickej polohy používateľa.

### 3.1.2 The W3C Geolocation API

Je snahou o štandardizáciu rozhrania na získanie informácií o geografickej polohe pre zariadenie na strane klienta.

v určitom časovom intervale nameraný bod obsahuje informácie o zemepisnej šírke, dĺžke, výške, presnosti bodu a presnosti výšky, rýchlosti, smere pohybu. niektoré zariadenia poskytujú iba súradnice a ich presnosť preto treba rýchlosť a smerovanie po poslednom meraní dopočítat

## Funkčnosť

Geolokátor obsahuje funkcie `getcurrent position`, `watchposition`, `showposition`

`Get current` a `watch position` slúžia na zistenie polohy.

`Getcurrentposition` v časovom interval pošle informácie o poslednom meraní aj keď sa nezmenila poloha naše riešenie využíva `watchposition` na získanie nového merania a `showposition`, ktorá zobrazí namerané hodnoty

Funkcia `watchposition`, ktorá v určitom časovom intervale nameria novú hodnotu ak sa zmenila poloha zariadenia.

Nevýhody geolokátora: hlavnou nevýhodou je využitie wifi a mobilných sietí a chýbajúca informácia o pôvode merania preto nevieme určiť odkiaľ boli namerané hodnoty. Nevyužitie GPS senzora. Aplikácia zachytí najbližšiu wifi, ale prístupový bod. Preto namerané hodnoty sú veľmi nepresné a počas merania by sa v polohe nedalo orientovať preto naša aplikácia využíva kalmanov filter na vyhľadanie cesty a určenie skutočnej polohy zariadenia. Ďalšou nevýhodou je nerovnomerné meranie v určitých časových intervaloch môžu vznikať zhľuky meraní. Preto pri filtrovaní v určitých prípadoch môže byť výsledná poloha iná ako naša skutočná poloha

## Google maps api

Je webová mapovacia služba vyvinutá spoločnosťou google. Ponuka snímky ulíc satelitné snímky. Požíva sa na zobrazenie nameraných výsledkov na mape na spresnenie trasy dá sa pomocou neho nájsť cesta medzi dvoma bodmi s využitím automobilu, pešou chôdzou, s využitím hromadnej dopravy. Nevýhoda google maps - neaktuálne linky na zastávkach

## Kalmanov filter

Tiež známy ako lineárny kvadraticky predpoklad je algoritmus ktorý používa sériu meraní spozorovaných v čase obsahujúcich štatistiku hluku. Produkuje predpokladanú skutočnú hodnotu ktorá je presnejšia ako naša nameraná hodnota.

Používa sa napríklad pri navigovaní.

Kalmanov filter používa dynamický model systému (napr. Fyzikálne zákony pohybu), známe kontrolné vstupy pre tento systém a viacnásobné sekvenčné merania (ako napríklad zo senzorov), aby vytvorili odhad merania(jeho stav, ktorý je lepší ako odhad získaný použitím iba jedného merania samotného. Ako taký je spoločným algoritmom fúzie senzorov a dátovej fúzie. Údaje o hlučných senzoroach, aproximácie v rovniciach, ktoré opisujú vývoj systému, a vonkajšie faktory, ktoré nie sú zohľadnené pre všetky miesta, obmedzujú, ako je možné určiť stav systému. Kalmanov filter účinne rieši odchýlku spôsobenú hlučným senzorom a do určitej miery aj náhodnými vonkajšími faktormi. Kalmanov filter poskytuje odhad stavu systému ako priemer predpovedaného stavu systému a nového merania pomocou váženého priemeru. Účelom váh je, že hodnoty s lepšou (t.j. menšou) odhadnutou neistotou sú "dôveryhodné" viac. Váhy sa počítajú z kovariancie, miery odhadovanej presnosti predikcie stavu systému. Výsledkom váženého priemeru je nový odhad, ktorý leží medzi predpokladaným a meraným stavom a má lepšiu odhadovanú presnosť ako samotne meranie. Tento proces sa opakuje v každom časovom kroku, pričom nový odhad a jeho kovariantnosť informujú predikciu použitú v nasledujúcej iterácii. Znamená to, že Kalmanov filter funguje rekurzívne a vyžaduje iba posledný "najlepší odhad" skôr než celú históriu stavu systému na výpočet nového stavu. Relatívna odchýlka meraní a odhadu súčasného stavu je dôležitým aspektom a je obvyklé diskutovať o reakcii filtra v zmysle zisku Kalmanovho filtra. Zisk Kalmana je relatívna váha daná meraniu a odhadu súčasného stavu a môže byť "naladená" na dosiahnutie konkrétneho výkonu. S vysokým ziskom filter prikladá väčšiu váhu na najnovšie merania, a preto ich viac zodpovedá. S nízkym ziskom filter sleduje predpovede modelu užšie. V extrémnych situáciách dosiahne vysoký zisk blížiaci sa k jednej väčšej odhadovanej trajektórii, zatiaľ čo nízky zisk blízko nuly vyrovná šum, ale znižuje citlivosť. Pri vykonávaní skutočných výpočtov pre filter (ako je uvedené nižšie) sú stavové odhady a kovariancie kódované do matíc na zvládnutie viacerých rozmerov zahrnutých do jednej sady výpočtov. To umožňuje zobrazenie lineárnych vzťahov medzi rôznymi stavovými premennými (napríklad pozícia, rýchlosť a zrýchlenie) v ktoromkoľvek z prechodových modelov.





### 3.2.1 Clustrova analýza

Zhluková analýza je zoskupenie množiny objektov takým spôsobom, že objekty v rovnakej skupine (nazývané klastra) sú navzájom podobnejšie (v istom zmysle alebo inom) navzájom než v iných skupinách (klastre). Je to hlavná úloha prieskumného získavania údajov a bežnej techniky analýzy štatistických údajov, ktorá sa používa v mnohých oblastiach vrátane strojového učenia, rozpoznávania vzorov, analýzy obrazu, získavania informácií, bioinformatiky,

Analýza klastrov sama osebe nie je jeden špecifický algoritmus, ale všeobecná úloha, ktorú treba vyriešiť. To sa dá dosiahnuť rôznymi algoritmami, ktoré sa výrazne líšia v ich predstavách o tom, čo predstavuje zhuk a ako ich efektívne nájsť. Medzi populárne pojmy zhukov patria skupiny s malými vzdialenosťami medzi členmi klastra, husté oblasti dátového priestoru, intervaly alebo konkrétne štatistické rozdelenia. Zoskupovanie môže byť preto formulované ako multi-objektívny optimalizačný problém. Príslušný klastrovací algoritmus a nastavenie parametrov (vrátane hodnôt, ako je vzdialenosť, ktorú treba použiť, prahová hustota alebo počet očakávaných klastrov) závisí od individuálneho súboru údajov a zamýšľaného použitia výsledkov. Klastrová analýza ako taká nie je automatická úloha, ale interakčný proces zisťovania poznatkov alebo interaktívnej viac-objektívnej optimalizácie, ktorá zahŕňa skúšku a zlyhanie. Často je potrebné upravovať predbežné spracovanie údajov a parametre modelu, až kým výsledok nedosiahne požadované vlastnosti.

Okrem pojmu clustering existuje niekoľko výrazov s podobným významom, vrátane automatického triedenia, číselnej taxonomie, botryológie (z gréckeho βότρυς "grape") a typologickej analýzy. Drobné rozdiely sú často v používaní výsledkov, zatiaľ čo pri získavaní dát sú výsledné skupiny predmetom záujmu, v automatickom zatriedení je výsledná diskriminačná moc zaujímavá.

Základné členenie zhlukových metód podľa cieľa je na hierarchickej a nehierarchickej metódy.

Hierarchické zhľukovanie vytvára systém podmnožín, kde prienikom dvoch podmnožín - zhľukov je buď prázdna množina, alebo jeden z nich. Pokiaľ nastane aspoň raz druhý prípad, je systém hierarchický. Teda je to akési vetvenia, zjemňovanie klasifikácie. K hierarchickému zhľukovaniu možno pristupovať z dvoch strán - rozlišujeme prístup divízny (vychádzame z celku, jedného zhľuku, a ten delíme) a aglomeratívny (vychádzame z jednotlivých objektov, zhľukov o jednom členovi, a tie spájame). Hierarchické zhľukovanie ponúka viac alternatívnych riešení, výsledok zhľukovaniu je potom možné vyjadriť dendrogramom. Táto metóda však nie je vhodná pre veľké dátové súbory.

Nehierarchické zhľukovaniu vytvára taký systém, kde sú zhľuky disjunktné množiny. Používa sa najčastejšie algoritmus k-means.

Zhľuková analýza vychádza z podobnosti, respektive vzdialenosti objektov. Jej kvantitatívne vyjadrenie je jedným zo základných problémov clusterovej analýzy. Existuje mnoho spôsobov konštrukcie tohto ukazovateľa.

Existujú rôzne prístupy, ako zhľukovať objekty na základe ich vzdialenosti alebo podobnosti. Medzi základné metódy patria:

metóda najbližšieho suseda (single linkage, nearest neighbor) - vzdialenosť zhľukov je určená vzdialenosťou dvoch najbližších objektov z rôznych zhľukov. Pri použití tejto metódy sú objekty ťahané k sebe, výsledkom sú dlhé reťaze.

metóda najvzdialenejšieho suseda (complete linkage, furthest neighbor) - vzdialenosť zhľukov je určená naopak vzdialenosťou dvoch najvzdialenejších objektov z rôznych zhľukov. Funguje dobre predovšetkým v prípade, že objekty tvoria prirodzene oddelené zhľuky, nehodí sa, ak je tendencia k reťazeniu.

centroidná metóda - vzdialenosť zhlukov je určovaná vzdialenosťou ich centier (hypotetická jednotka s priemernými hodnotami znakov). Môže byť nevážená alebo vážená. Tá zohľadňuje veľkosti zhlukov a je vhodná ak očakávame ich rozdielnosť. Užíva sa vyjadrenie vzdialenosti objektov štvorcovou Euclidean vzdialenosťou.

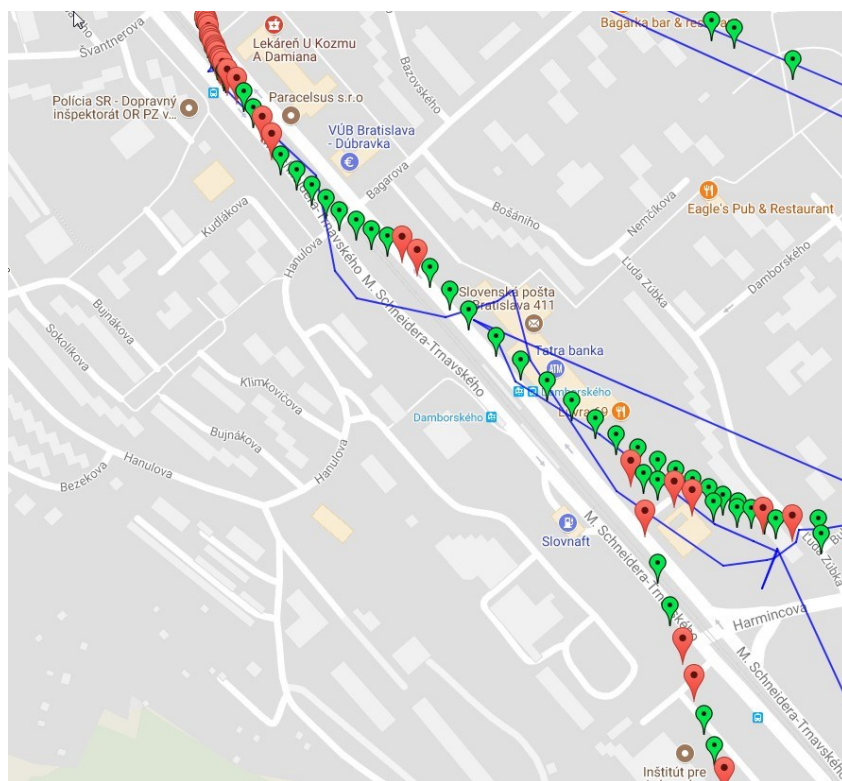
párová vzdialenosť (pair-group average) - vzdialenosť zhlukov je určovaná ako priemer vzdialeností všetkých párov objektov z rôznych zhlukov. Opäť môže byť vo vážené i nevážené podobe.

Wardová metóda - vychádza z analýzy rozptylu. Zlučuje také zhluky, kde je minimálna súčet štvorcov. Všeobecne možno povedať, že je táto metóda veľmi účinná, však má tendenciu vytvárať pomerne malé zhluky. Vzdialenosti objektov sa meria štvorcovou Euclidean vzdialenosťou.

Hľadanie cesty medzi daným bodom bude riešené cez prehľadávanie na grafe

### 3.2.2 Využitie clustra

Aplikácia sa bude každý deň v určitom čase upravovať prejdené body v určitom rozmedzí sa zhlukujú na jeden bod do tabuľky. Potom sa vytvorí cesta medzi dvoma bodmi, z ktorej sa pri načítaní vytvorí graf



Obrazok 2 spoločny usek jednej trasy

### 3.2.3 Detekcia spôsobu presunu

Aplikácia dostáva v určitých časových i intervaloch po nameraný sa nájde jeho skutočná hodnota cez filter. Vypočíta sa vzdialenosť medzi poslednými bodmi, body od seba nemajú veľkú vzdialenosť preto sa počíta z Pytagorovej vety potom sa vypočíta rýchlosť, ak je rýchlosť väčšia ako 15 kilometrov predpokladaný presun je mestskou hromadnou dopravou.

### 3.2.4 Detekcia zastávok

Aplikácia bude využívať presun hromadnou dopravou, da sa vyriešiť cez detekciu presunu, za začiatok jazdy hromadnou dopravou by sme mohli označiť posledný bod s menšou rýchlosťou. Označiť za zastávku, tu nastáva problém, autobus sa nepohybuje rovnako

rýchlosťou, preto nevieme určiť či autobus stojí v zápche, alebo na zastávke. Toto sa bude riešiť na strane servera. Pri vytvorení cesty medzi dvoma bodmi sa vytvorí [cestame](#)

### 3.2.3 Hľadanie cesty

Pri zadaní cieľa a spustení sa nájde cesta do cieľa hľadaním cesty na grafe. Podľa zadaných parametrov.

Parametre sú: cena cesty,

čas cesty,

vzdialenosť medzi začiatkom a koncom cesty.

Pri zapnutí všetkých troch parametrov sa bude hľadať najlacnejšia cesta s najkratšou prejdenou vzdialenosťou a najkratším časom.

Pri zapnutí parametra čas cesty a cena sa bude hľadať najlacnejšia cesta s najkratším časom.

Pri zapnutí parametra čas cesty a vzdialenosť sa bude hľadať najlacnejšia cesta z najkratšou vzdialenosťou.

Ak nebudú používateľom zadane parametre bude sa hľadať najkratšia cesta.

# Literatúra

Paul Zarchan; Howard Musoff (2000). *Fundamentals of Kalman Filtering: A Practical Approach*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Incorporated. [ISBN 978-1-56347-455-2](#).

Wolpert, Daniel; Ghahramani, Zoubin (2000). "Computational principles of movement neuroscience". *Nature Neuroscience*. 3: 1212–7. [doi:10.1038/81497](#)

Martin Møller Andreasen (2008). "Non-linear DSGE Models, The Central Difference Kalman Filter, and The Mean Shifted Particle Filter"

Bailey, Ken (1994). *"Numerical Taxonomy and Cluster Analysis"*. *Typologies and Taxonomies*. p. 34. [ISBN 9780803952591](#)

Tryon, Robert C. (1939). *Cluster Analysis: Correlation Profile and Orthometric (factor) Analysis for the Isolation of Unities in Mind and Personality*. Edwards Brothers.