

GENEROVÁNÍ GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ BÁZE Z DAT PLOVOUCÍCH VOZIDEL

Bc. Jakub ŠTOK¹, doc. Ing. Pavel HRUBEŠ, Ph.D.²

^{1,2} ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Konviktská 20, 110 00, Praha 1, Česká republika
stokjakub@gmail.com

Abstrakt

Článek se zabývá automatickým generováním nových geografických objektů z Floating Car Data (FCD). V práci je vyjmenováno mnoho výstupů, které lze z FCD získat. Jedná se především o výstupy uplatnitelné v silniční dopravě, jako jsou např. mapové podklady pro satelitní navigace. Práce se zaměřuje na několik výstupů a přibližuje metody a algoritmy, kterými lze výsledků dosáhnout. Nejdůležitějším výstupem je vektorová linie kopírující osu komunikace.

Abstract

The article works with automatic generating of new geographic objects using Floating Car Data (FCD). Many outputs, which are possible to obtain from FCD, are listed in the thesis. These outputs were selected for their applicability in road transport, such as maps for satellite navigation. The article focuses on several outputs from the proposed list and shows methods and algorithms in order to achieve them. The most important outcome is a vector line matching a road centerline.

Klíčová slova: Plovoucí vozidlo; GPS; silniční síť; generování; automatická vektorizace; rasterizace

Keywords: Floating Car; GPS; road network; generating; automatic vectorization; rasterization

ÚVOD

Zaměstnanci nejrůznějších společností stále ručně vytvářejí mapové podklady, které jsou následně využívány pro potřeby GPS zařízení. Cílem této práce je proces vytváření mapových podkladů částečně zautomatizovat na základě přijatých dat z GPS zařízení. Jednalo by se o velkou úsporu času potřebnou k vytvoření map a k aktualizaci stávajících, k určitému snížení počtu zaměstnanců a tedy úsporu na nákladech společností, které se tvorbou a aktualizací silničních mapových podkladů zabývají.

FCD

V oblasti automobilové dopravy a geolokačního systému GPS se standardizoval pojem FCD pro data přijatá z palubních počítačů, jejichž součástí je GPS přijímač, instalovaných v jednotlivých silničních vozidlech [1]. Pojem Floating Car Data by se dal volně přeložit jako data z plovoucích vozidel. Silniční síť si lze představit jako síť kanálů, ve kterých teče proud částic. Jde o dopravní proud a částice jsou silniční vozidla. Tato analogie pohybu vozidel s proudem tekutiny nebo elektrickým proudem se využívá při matematickém řešení nejrůznějších situacích, které se na síti vyskytují.

Data z jednoho palubního počítače jsou odesílána přibližně každých 30 sekund, tato hodnota se ale liší systémem od systému. Ve městech je třeba vysoká frekvence odesílání dat, na dálnicích a mimo zástavbu je dostačující perioda odesílání i 120 vteřin [2]. Odesílaná data obsahují identifikační číslo vozidla, aktuální souřadnice vozidla, rychlost, čas odeslání, směr (azimut) a další.

Palubní jednotky jsou nainstalované ve vozech za účelem sledování vozidla. Vozidlo bývá sledováno z bezpečnostních důvodů nebo správy vozového parku. V poslední době se do FCD zařízení dají zařadit chytré telefony, na kterých uživatelé využívají navigační aplikace [3].

Tento nekonvenční zdroj informací o stavu dopravy s sebou nese mnohé výhody i nevýhody. Mezi výhody patří finanční úspora, kdy není třeba stavět velké množství detektorů k určení stavu dopravy. Mezi nevýhody patří zhoršená přesnost dat ve vysoké zástavbě a absence relevantních dat z tunelů a jiných míst, které

nemají přímý výhled na oblohu. Jedním z možných nových využití FCD je automatizovaná tvorba silničních mapových podkladů, kterými se tento článek zabývá.

PŘEDPOKLADY, VSTUPY A MOŽNÉ VÝSTUPY

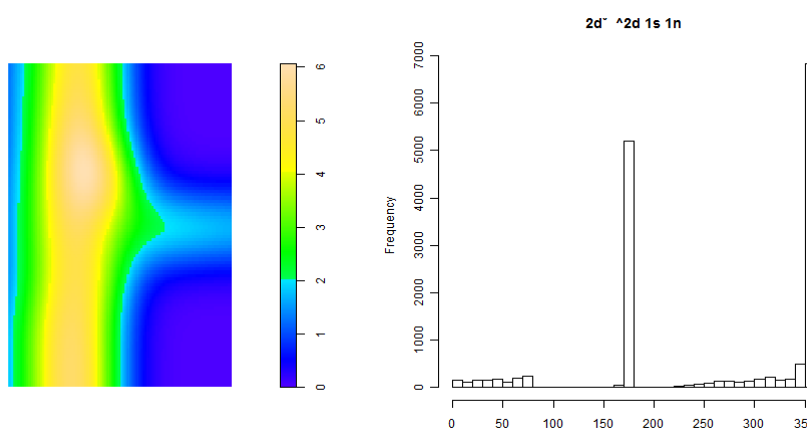
Cílem práce je prozkoumat, jaké výstupy je možné za pomoci FCD získat. K tomuto si autor nejprve vytvořil seznam výstupů, které považuje za relevantní k tématu dopravy a které by i bez bližších znalostí FCD bylo možné považovat za získatelné. Po vytvoření seznamu si vybral množinu výstupů, u kterých si následně prakticky ověřil, že jich lze dosáhnout. K tomuto účelu napsal několik algoritmů.

FCD pro účel analýz získal autor data od společnosti SECAR BOHEMIA a.s. Data pochází z oblasti Pražského okruhu a pražských Nuslí za jeden a dva měsíce. Pražský okruh byl zvolen vzhledem k vysoké intenzitě plovoucích vozidel na této rychlostní silnici. Programové řešení je tak možné testovat v prostředí rychlostní silnice, kde se vyskytují jak mosty, tunely nebo časté sjezdy a nájezdy. Pro testování v městském prostředí byla zvolena oblast kolem Nuselského mostu. Hustá zástavba a síť ulic jsou pro tuto část Prahy charakteristické.

K úpravě, zobrazení i analýzám dat je použit volně dostupný software. Pro práci s prostorovými daty je použit PostGIS, nadstavba databázového systému PostgreSQL. S daty v systému autor operuje pomocí dotazovacího jazyku SQL. Pro tvorbu složitých algoritmů na úpravu a analýzu dat je použit programovací jazyk R v editoru Rkward. Pro zobrazení dat je použit QGIS (s doplňkem GRASS GIS), komplexní software pro práci s GIS.

TVORBA MODELU LINIE KOMUNIKACE

Základem silniční sítě jsou její linie. Autor si dal za cíl vytvořit linii, která by kopírovala osu komunikace. V ose komunikace se teoreticky nachází nejvyšší hustota zaznamenaných FCD bodů. Body jsou sice velice nepřesně umístěné (přesnost na maximálně 15 metrů), ale s jejich zvyšujícím se počtem se zvyšuje přesnost výsledné analýzy. V obrázku 1 je zobrazena hustota FCD bodů na komunikaci, která se kříží s komunikací s menším významem. Žlutě až bíle je vyjádřena oblast, kde je hustota FCD maximální. V té samé oblasti se rovněž nachází osa komunikace. Vedle je znázorněn histogram směrů z FCD bodů v oblasti výřezu. Jsou jasně rozlišitelné dva hlavní směry, v tomto případě 360° a 180°. Další směry s nižší četností můžeme přiřadit vozidlům na přípojně komunikaci, odbočujícím vozidlům a chybám ve stanovení směru způsobené přenosem či GPS jednotkou.



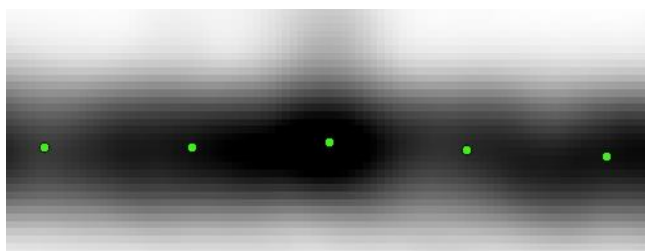
Obr. 1. Hustotní diagram a histogram FCD ve výřezu oblasti

Linie komunikace

Vytvoření linie jedné komunikace je realizováno pomocí určení lokálního hustotního maxima a posunutí. Tento postup se následně opakuje. Nejprve je tedy třeba určit počáteční bod. Poté se načtou všechny body z okolí a určí se jejich průměrné souřadnice. Výsledné místo se označí jako bod linie komunikace. Směr

posunutí zkoumané oblasti je určen pomocí azimutů bodů. Azimut s např. nejvyšší četností je vybrán k posunu. Po posunu se určení bodu linie opakuje.

Při této metodě jsou důležité dva parametry, které lze nastavit pouze po testování na daném vzorku dat. Nejdříve se jedná o velikost oblasti, ze které se počítá průměr souřadnic. Osvědčil se rádius 20 metrů. Dalším parametrem je vzdálenost posunu. V oblasti Pražského okruhu je autor nejvíce spokojen s výsledky při hodnotě 50 metrů. Zde je třeba říci, že výpočetní náročnost tohoto postupu silně závisí na těchto parametrech. Pro nižší náročnost, ale vyšší nepřesnost určení linie, je zapotřebí rádius volit menší a vzdálenost posunu větší. V obrázku 2 jsou zobrazeny výsledné body komunikace nad heatmapou FCD bodů.



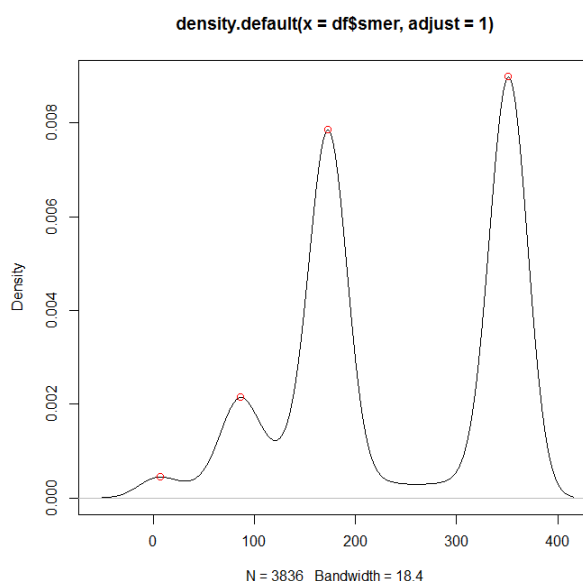
Obr. 2. Body osy komunikace

Pomocí rozlišení bodů podle azimutů či dalších parametrů lze vytvořit linie, které nekopírují pouze osu komunikace. Stejným postupem lze vytvořit linie kopírující jednotlivé směry na rychlostních silnicích či dokonce jednotlivé jízdní pruhy.

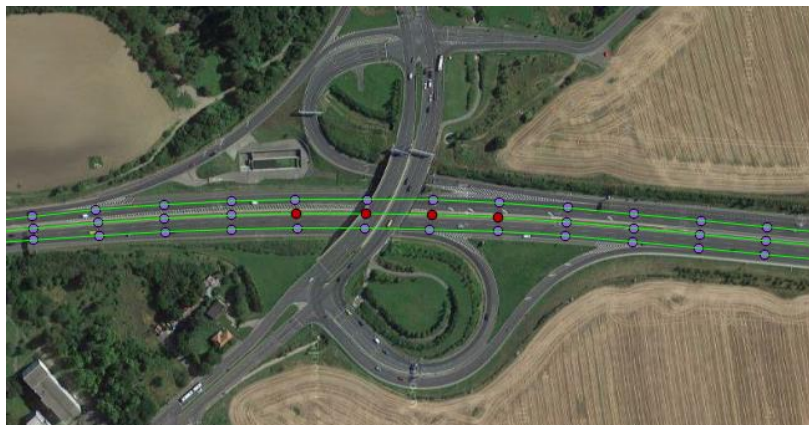
Detekce křížení

Podél vytvořené linie jsou hodnoty atributů FCD bodů a počet FCD bodů proměnlivé. Mění se rychlost vozidel, hustota bodů, směry vozidel a další. Pro detekci křížení komunikací a vytvoření relace bodů, které označují lokalitu křížení, si autor zvolil určení počtu směrů (azimutů) vozidel, které jsou v nejbližší oblasti zastoupeny.

Toto zastoupení lze vyjádřit pomocí histogramu či distribuční funkce. Oba způsoby pracují s určitým tresholdem, pomocí kterého lze říci, že v oblasti se nachází určitý počet vozidel, který projížděl jiným směrem, než jaké je dán hlavní linií. Při detekci takého směru (či více směrů), se oblast označí jako oblast křížení. Distribuční funkce je zobrazena v obrázku 3, několik oblastí s detekovaným křížením v obrázku 4.



Obr. 3. Distribuční funkce s vrcholy

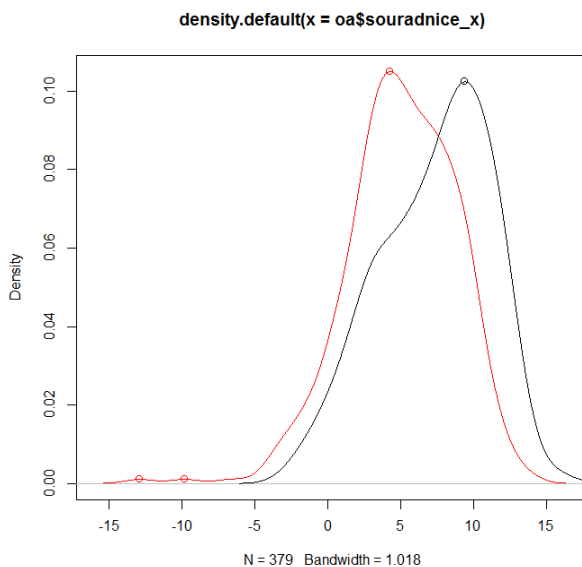


Obr. 4. Vytvořená linie s pruhy a křížením, mapový podklad z maps.google.com

STANOVENÍ POČTU PRUHŮ

Informace o počtu pruhů komunikace je zvláště na rychlostních silnicích a dálnicích velmi užitečná, zejména při užití navigačních zařízení. Řidiči kamionu si mohou naplánovat předjíždění, řidiči osobních vozidel mohou být upozorněni na nenadálé snížení počtu pruhů.

Při určování počtu jízdních pruhů autor vychází z křivky distribuční funkce, kdy na x-ové ose jsou souřadnice bodů na kolmé ose k ose komunikace. V obrázku 5 je znázorněn graf se dvěma křivkami distribuční funkce, kde červená křivka vznikla z FCD bodů od osobních automobilů, černá od nákladních automobilů. Data pochází z dvou pruhového úseku v jednom pásu. Z grafu je zřejmé, že většina nákladních automobilů jezdí v pravém jízdním pruhu, řidiči osobních automobilů dávají přednost levému jízdnímu pruhu. Pomocí detekce vrcholů těchto křivek je možné stanovit počet jízdních pruhů a jejich geometrii.



Obr. 5. Křivky distribučních funkcí polohy FCD bodů jednoho jízdního pásu

SILNIČNÍ SÍŤ TVOŘENA LINIEMI

Digitalizovaná silniční síť vytvořená pomocí FCD by mohla široce uplatnit jako základ pro silniční modely s rozsáhlým využitím. Jedním z mnoha využití jsou mapové podklady pro navigační zařízení, které by byly pro navigování vhodnější z důvodu jejich vyšší přesnosti v závislosti polohy vozidla zjištěné pomocí GPS a polohou linie, na které se vozidlo pohybuje. Rovněž by se snížily náklady na tvorbu a aktualizaci mapových podkladů.

Jednou z metod k vytvoření silniční sítě je zachycení všech komunikací alespoň jednou linií a následné sloučení překrývajících se linií. Autorovo řešení pracuje s počátečními body, které si sám zvolil. Body jsou lokalizovány v místech, kde komunikace směřují ven ze zkoumané oblasti. Řešení použitelné v praxi by mělo obsahovat algoritmus, který si podle určitých kritérií počáteční body volí sám. Po vytvoření relace počátečních bodů je spuštěn algoritmus na vytvoření jednoduché linie. Ten musí mimo jiné obsahovat mechanismy na detekci zacyklení a dalších situací, které mohou při tvorbě linie nastat.

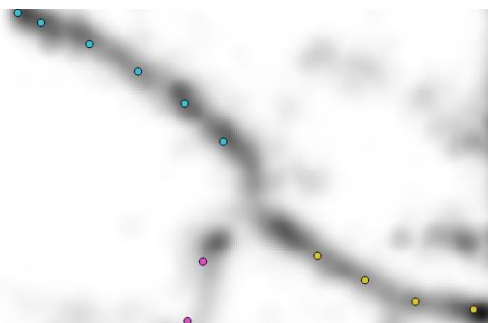
Výsledné body linií jsou zobrazeny v obrázku 6. Barvy rozlišují jednotlivé linie. Je zřejmé, že linie neprošly všemi komunikacemi ve zkoumané oblasti. Toto je způsobené jevem, kdy mnohé linie jsou svedeny na frekventované komunikace, ze kterých linie už neodbočí. Problém lze do určité míry vyřešit opakováním algoritmu z nových počátečních bodů nebo pomocí náhodného odbočení tvorby linie na méně frekventovanou komunikaci.



Obr. 6. Silniční síť vytvořena z jednoduchých linií

Předešlé řešení je z důvodu opakování algoritmu výpočetně velice náročné. Možným řešením tohoto problému je metoda tvorby silniční sítě díky detekci křížení. Při průchodu tvorby linie zkoumanou oblastí se zaznamenávají lokace křížení, neboli se detekují křižovatky. V těchto kříženích se rovněž zaznamenává počet směrů, které byly detekovány. Takto lze určit, kolik má daná křižovatka ramen. Algoritmus je sestaven tak, že tvorba linie postupně vychází ze všech ramen ze všech křížení. Tímto postupem se docílí vytvoření silniční sítě, kdy na všech hranách mezi všemi kříženími je vytvořena alespoň jedna linie.

Na obrázku 7 lze vysvětlit, jak algoritmus postupuje. Tvorbou linie se postup dostane ke křížení po linii tvořené fialovými body. První linie, tvořena modrými body, se vydala ramenem s největším počtem FCD bodů. Po několika krocích je linie ukončena z důvodu nedostatku dat. Proces se znovu vrací do křížení a použije ještě nevyužitá rameno. Začne se tvořit další linie skládající se ze žlutých bodů. Výše popsaným postupem lze velice rychle vygenerovat model silniční sítě i ve větší oblasti.



Obr. 7. Tvorba křížení

PRÁCE S DATY S POMOCÍ RASTRU

Důvodem, proč se autor pokouší o analýzu FCD dat pomocí rastru, je výpočetní náročnost předešlých postupů. Pomocí již vytvořených a optimalizovaných funkcí chce autor dosáhnout nových výsledků s nižší výpočetní náročností. Jako nástroj používá program QGIS.

K použití rastru se inspiroval prací [4], kde je nastíněna automatizovaná tvorba linií pomocí mřížky. Obrovský počet FCD bodů je redukován na menší počet, kdy s objemem dat se rovněž přichází o rozlišení. Rastr může zobrazovat vlastnosti jako hustota, ale rovněž další zajímavé informace, jako rozptyl či průměr rychlostí vozidel [5].

Pomocí těchto struktur lze vytvořit nejrůznější výstupy. Jedním z nich je právě model silniční sítě zobrazený v obrázku 8. Linie jsou vytvořeny podél buněk rastru, které obsahují vysokou hustotu FCD bodů. Metoda je poměrně rychlá, i když si žádá celou řadu programového vybavení. Nevýhodou je ztráta přesnosti způsobená jak rozlišením rastru, tak některými mezikroky potřebnými k tvorbě linií.



Obr. 8. Silniční síť vytvořena pomocí QGIS GRASS

ZÁVĚR

FCD jsou v této práci netradičně zkoumána jako zdroj pro automatizovanou tvorbu silničních mapových podkladů. Tento nový způsob by mohl být velkým přínosem především pro snadnější aktualizaci a tvorbu modelu silniční sítě, ale i k pozorování nejrůznějších jevů vyskytujících se na komunikacích.

Práce přibližuje postupy pro tvorbu některých výstupů, kterých se snaží autor dosáhnout jen za pomoci FCD. Mezi výstupy patří linie komunikace, detekce křížení, stanovení počtu pruhů a tvorba silniční sítě jak pomocí jednotlivých linií, tak s využitím rastru.

Tvorba zpracovaných výstupů dopadla úspěšně. Některé výstupy mají vysokou přesnost i informační hodnotu. FCD se tak stala dalším možným zdrojem k tvorbě mapových podkladů.

LITERATURA

- [1] TURKSMA, S. 2000. The various uses of floating car data. In: Conference on Electricity for Materials Processing and Conservation. London: IET, s. 51 - 55.
- [2] HOU, Yi-dong. 2012. Study on the acquisition accuracy and applicability of the floating car data in urban city. In: Electrical & Electronics Engineering (EEESYM), 2012 IEEE Symposium. Kuala Lumpur: IEEE, s. 751 - 754.
- [3] BERGMANN, <http://www.svethardware.cz/jak-funguje-gps/21826-5>, Svět hardware, 2015-04-04
- [4] ZHAO, Yue. 2011. A new method of road network updating based on floating car data. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2011 IEEE International. Vancouver, BC: IEEE, s. 1878 - 1881.
- [5] TOLLINGEROVÁ, Dana. 1996. GIS: geografické informační systémy. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.