

# Dostupnost hromadnou dopravou v Jihomoravském kraji

Radek Kuttelwascher, Vladimír Holubec a Matej Vrtich, ARCDATA PRAHA, s.r.o.

Výraz *dopravní úloha* máme asi nejčastěji spojený s navigačními aplikacemi. Prakticky každá mapová aplikace takovou funkcí disponuje. Některé obsahují i cenné informace o aktuálním provozu. Já sám zapínám navigaci, i když jedu po notoricky známé trase, jen aby mě navigace včas upozornila na dopravní problém a navrhla změnu trasy. Jak se mnozí přesvědčili, ne vždy je radno se na ně spoléhat. Z tisku (a možná i někdy z vlastní zkušenosti) známe řadu až bizarních příběhů, jak nás tato „smart“ vymoženost vypekla. Další dopravní úlohou, kterou si část veřejnosti oblíbila, jsou nejrůznější podoby jízdních řádů. I zde však jde o velmi podobné zadání, a to nalézt optimální spojení mezi dvěma, výjimečně více body. Tentokrát však po trasách hromadné dopravy v kombinaci s pěšími přestupy.

## DOPRAVNÍ OBSLUŽNOST A SPECIFIKA HD

Dopravní úlohy však umožňují využívat i další optimalizační nástroje. Jedním z nich je řešení tzv. *dopravní obslužnosti* (service area). Jde o úlohu, kdy chceme nalézt oblast, území, které lze dopravně obsloužit při zachování maximální ujeté vzdálenosti nebo v nějakém čase. Tyto úlohy se využívají např. při analýze obslužnosti ze stanovišť jednotek požární ochrany, stanovišť záchranné služby, nebo naopak (z hlediska směru pohybu) optimálního umístění obchodů, zdravotních zařízení nebo volebních místností. I v těchto případech bývá nejčastějším základem pro pohyb vozidel nebo chodců silniční a uliční síť. Kritickou složkou těchto dat však bývá správná informace o jízdních časech mezi jednotlivými křižovatkami nebo uzly orientovaného grafu. Ta se může navíc měnit v čase: bude záviset na intenzitě dopravy v různou denní dobu, ale i v různých dnech týdne.

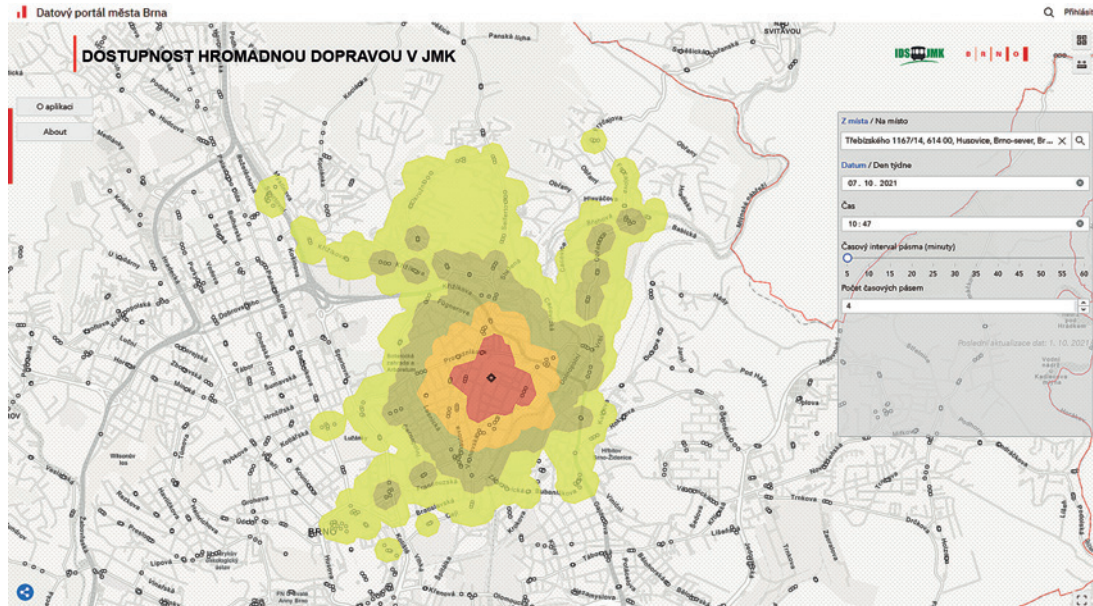
Poněkud specifickým zdrojem dat, resp. geometrie jednotlivých hran, je již zmiňovaná hromadná doprava. V jejím případě nás totiž až tak nezajímá, kudy dopravní prostředek jede, ale kdy bude na které zastávce. V takovém případě můžeme teoreticky úplně zanedbat průběh (geometrii) komunikací, ale můžeme se soustředit pouze na geografickou polohu bodů zastávek hromadné dopravy a samozřejmě

tras jednotlivých spojů. Trasy však stačí definovat pouze jako spojnice zastávek v rámci konkrétní trasy. Taková data vlastně představuje tradiční jízdní řád. Říká pouze číslo spoje, pořadí zastávek a čas, kdy spoj na zastávku přijede. Vzhledem k tomu, že i tato data začínají být dopravci publikována ve strojově čitelné podobě, můžeme na nich založit zajímavé optimalizační nástroje.

Jedním z příkladů je i aplikace **Dostupnost hromadnou dopravou v JMK**, která je dostupná na datovém portálu města Brna ([data.brno.cz](http://data.brno.cz)). V mapové aplikaci vyberete libovolné místo v Jihomoravském kraji, nastavíte datum a čas (nebo použijete aktuální), zvolíte časový interval a aplikace během několika málo sekund vypočítá oblasti, ze kterých se dostanete na zvolené místo kombinací chůze a hromadné dopravy za určený čas. Případně můžete zvolit i opačný směr, tj. na která místa se dostanete v určeném čase ze zadaného bodu nebo adresy. Můžete zvolit i více časových pásem, pak aplikace po zadání časového intervalu spočítá a barevně odliší, na která místa se dostanete např. za 15, 30 a 45 minut. Aplikace tak může nejenom pomoci zjistit, z kterých částí města (nebo regionu) se dostanete pomocí hromadné dopravy v určitém čase do práce, ale například dopravní plánovači s její pomocí dokáží efektivněji plánovat veřejnou dopravu, protože jednoduše vidí, jak se obslužnost mění v území a čase.

## UVNITŘ APLIKACE

Pojďme si říci, jak taková aplikace pracuje a co je potřeba pro její zprovoznění. Standardem pro publikaci jízdních řádů je formát GTFS (General Transit Feed Specification). Data v tomto otevřeném formátu lze stáhnout na datovém portálu města Brna nebo např. i na stránkách pražské integrované dopravy ([pid.cz](http://pid.cz)) a podobně. Pokud chceme mít aplikaci pracující s daty jízdních řádů stále aktuální, musíme vyřešit jejich pravidelnou (zpravidla týdenní až denní) aktualizaci. V případě, že chceme cestu kombinovat i s pěší dopravou, je třeba si opatřit i data silniční, uliční a cestní sítě, po které se bude virtuální chodec pohybovat.



Obr. 1. Webová aplikace Dostupnost hromadnou dopravou v JMK.

Ze softwaru jsme při tvorbě aplikace využili ArcGIS Pro s nadstavbou ArcGIS Network Analyst pro desktop a ArcGIS Enterprise s nadstavbu ArcGIS Network Analyst pro server.

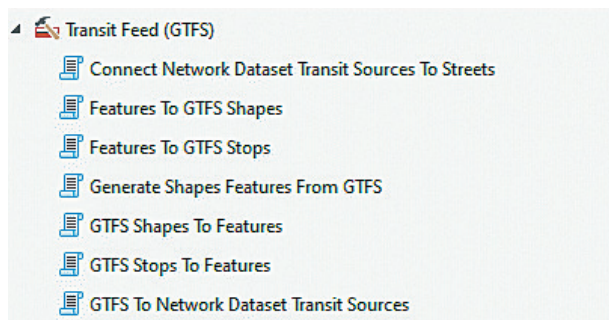
Data GTFS obsahují několik textových souborů popisujících jízdní řády všech spojů ve sledovaném území. Pokud soubory splňují všechny předpoklady standardu, stačí adresář obsahující tyto soubory použít jako argument příkazu *GTFS to Network Dataset Transit Sources*. Tento příkaz převede tato textová data do tabulek (Table) a vrstev prvků (Feature Layer) souborové geodatabáze. Geodatabáze pak bude obsahovat dvě geometrické vrstvy: bodovou vrstvu zastávek *Stops* a liniovou vrstvu spojů *LineVariantElements*. Každá spojnice dvou zastávek, po kterých jede spoj, obsahuje samozřejmě tolik linií, kolik existuje jednotlivých jízdních řádů (všední den, víkend) všech spojů na této linii. Jedna spojnice dvou zastávek tak může být v datovém modelu obsažena klidně dvacetkrát.

Nyní je důležité provést druhý krok a propojit síť spojů se sítí ulic, po které se bude pohybovat hypotetický chodec při cestě ze zvoleného počátku na nejbližší zastávku, při přestupu ze spoje na spoj a po výstupu při cestě k cíli.

Zastávky ve skutečnosti tvoří jakási hnízda. Zastávka s jedním názvem (např. Česká v sousedství Moravského náměstí v Brně) je tvořena hned jedenácti různými místy možného nástupu a výstupu z autobusu, tramvaje (resp. šaliny) nebo autobusu. Proto příkazem *Connect Network Dataset Transit Sources To Streets* vytvoříme spojnice těchto jednotlivých nástupních bodů a zároveň příkaz vytvoří spojnici mezi sítí spojů hromadné dopravy a sítí ulic, které až

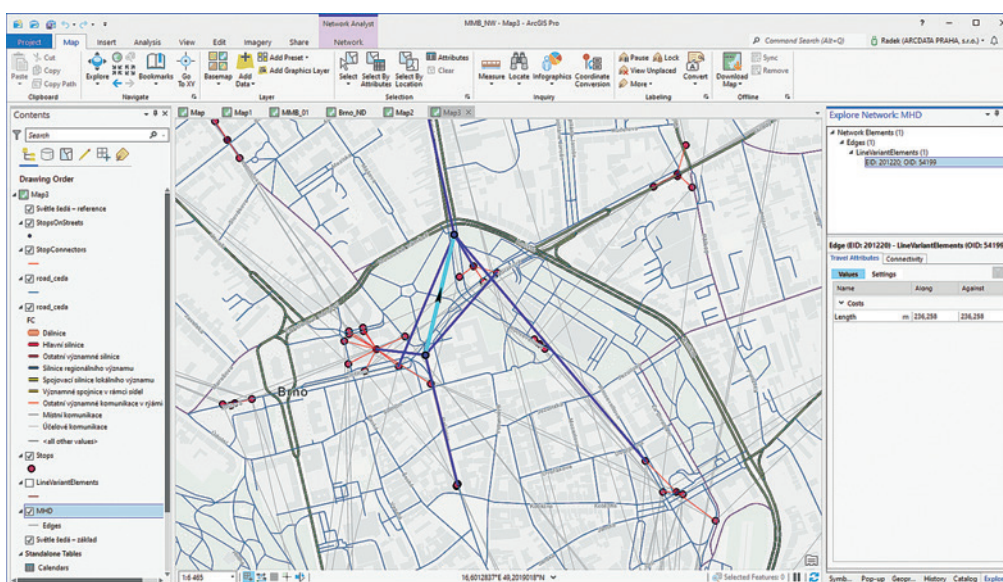
do této chvíle nebyly topologicky propojeny. Vznikne tak nová třída liniových prvků *StopConnectors* a bodová třída *StopsOnStreets* představující místo přestupu ze spoje na ulici. Tyto pomocné vrstvy slouží pouze pro zajištění topologické spojitosti všech prvků a se skutečnými trajektoriemi přestupujících cestujících nemají nic společného.

Třetím krokem bude vytvoření síťové datové sady ze všech výše uvedených dat. K tomu použijeme příkaz *Create Network Dataset* z nadstavby ArcGIS Network Analyst.



Obr. 2. Nástroje pro práci s daty ve formátu GTFS.

Posledním krokem při přípravě dat je vyladění síťové datové sady pro zajištění co nejpřesnějších výsledků. Toto nastavení se provádí v dialogovém okně *vlastností (properties) síťové datové sady*. Zde můžeme např. nastavovat průměrnou rychlost chůze, zajistit zákaz chůze po silnicích vyšších tříd, definovat průměrný čas přestupu mezi dopravními prostředky apod. Všechna tato nastavení lze pak uložit do popisného XML souboru, který použijeme



Obr. 3. Takto vypadá síť v aplikaci ArcGIS Pro.

jako šablonu při aktualizaci jízdních řádů a znovuvytvoření síťové datové sady.

## AKTUALIZACE A AUTOMATIZACE

Dopravní data se samozřejmě v průběhu času mění, a i proto bylo při návrhu řešení myšleno na automatické zpracování dat, a to v kombinaci Python skriptu a plánovače úloh Windows, který v předem daném rozsahu aktualizací skript spouští.

Úkolem aktualizací skriptu je zkontrolovat aktuálnost použité datové sady a jsou-li dostupné její aktualizace, pak i migrace nových dopravních dat ve formátu GTFS do geodatabáze, respektive síťové datové sady, jejíž definice je dána externím XML souborem. Tato geodatabáze pak slouží jako datový zdroj pro síťovou službu běžící na ArcGIS Serveru.

Aby měl administrátor přehled, co se při aktualizaci odehrálo, je celý proces logován, což může ulehčit identifikaci nahodilých problémů. Zároveň jsou za běhu skriptu aktualizací data zálohována pro případ poškození zdrojové geodatabáze služby. Pokud administrátor sezná, že by zálohy či logy zabíraly příliš místa na disku, může využít pomocného skriptu pro vyčištění těchto složek. Zůstane v nich pak jen pět posledních logů či záloh.

Vedle převodu dopravních dat může probíhat i aktualizace dat geometrického záznamu tras. K tomu slouží samostatný skript pro převod geometrických dat. Oddělení této úlohy od hlavní aktualizací úlohy je dáno nízkou intenzitou změny těchto dat.

Vzhledem k použití jazyka Python a definice síťové datové sady v XML souboru jsou skripty lehce přenositelné. Ke spuštění pak stačí prostředí Pythonu na počítači s ArcGIS Pro či ArcGIS Enterprise, které jsou nutné pro fungování balíčku ArcPy, jež obsahuje potřebné nástroje pro práci se souborovou geodatabází a síťovou datovou sadou.

## JAK Z DAT VZNIKLA APLIKACE

Po zpracování byla síťová data publikována do prostředí ArcGIS Enterprise. To proto, aby bylo možné síťovou analýzu vykonávat prakticky odkudkoliv, nejenom z desktopového prostředí aplikace ArcGIS Pro. Publikací dat vznikla webová služba s rozhraním *ArcGIS REST API: Routing Services*, která vykoná výpočet dostupnosti MHD na zavolání. Na stejném principu fungují i síťové služby ArcGIS Online, které poskytují různé typy síťových analýz nad daty silniční a uliční sítě v rozsahu celého světa.

Posledním krokem byla tvorba webové aplikace, která nabídne uživatelské rozhraní umožňující výpočet síťové analýzy nad mapou. Využili jsme proto aplikaci ArcGIS Experience Builder a uživatelské rozhraní jsme naprogramovali formou samostatné komponenty – widgetu. Výpočet dostupnosti MHD nad mapou je tak možné nabídnout uživatelům v podobě libovolné webové aplikace, „poskládané“ v prostředí ArcGIS Experience Builder. A právě jednou z takových aplikací je *Dostupnost hromadnou dopravou v JMK*, kterou lze nalézt na datovém portálu města Brna. <<