

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PRAHA 2021

BC. TOMÁŠ LAUWEREYS

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

OBOR GEOMATIKA



DIPLOMOVÁ PRÁCE

SÍŤOVÝ DATASET POHYBU OSOB NA ÚZEMÍ PRAHY
S VYUŽITÍM DAT GTFS

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

Katedra geomatiky

květen 2021

Bc. Tomáš LAUWEREYS

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Lauwereys	Jméno: Tomáš	Osobní číslo: 468627
Zadávající katedra: Katedra geomatiky		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor: specializace Geomatika		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Síťový dataset pohybu osob na území Prahy s využitím dat GTFS	
Název diplomové práce anglicky: Network dataset of public transport in Prague based on GTFS data	
Pokyny pro vypracování: Z dostupných otevřených dat veřejné dopravy formátu GTFS (General Transit Feed Specification) poskytovaných společností ROPID (Regionálního organizátora Pražské integrované dopravy) a pěší sítě od IPR (Institutu plánování a rozvoje hl. m. Prahy) nebo OSM (OpenStreetMap) vytvořte funkční síťový dataset. V rámci práce se seznamte s těmito daty a vytvořte model pro zpracování těchto dat tak, aby vytvořená multimodální síť umožňovala pohyb chodce z libovolného výchozího místa na území hl. m. Prahy v různé denní dobu s využitím jízdních řádů a dostupných prostředků MHD včetně pohybu cestujícího po pěší síti.	
Seznam doporučené literatury: 1. MobilityData. https://gtfs.org/reference/static , General Transit Feed Specification Reference 2. Djurhuus, S. et al. Building a multimodal network and determining individual accessibility by public transportation. Environment and Planning B Planning and Design 47(1). 2015 3. Esri. https://esri.github.io/public-transit-tools/ , Using GTFS Data in ArcGIS 4. TransitWiki. https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Category:GTFS-consuming_applications , GTFS-consuming applications	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 15.2.2021	Termín odevzdání diplomové práce: 14.5.2021 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá zpracováním otevřených dat veřejné dopravy, které jsou ve formátu GTFS poskytovaných společnostmi ROPID a pěší sítě od IPR Praha. V rámci práce je provedeno seznámení se s dostupnými daty a je vytvořena multimodální síť, která umožňuje chodcům (cestujícím) se volně pohybovat po síti a dále k přesunům využívat veřejnou dopravu v libovolném čase podle jízdního řádu na území hlavního města Prahy.

KLÍČOVÁ SLOVA

GTFS – General Transit Feed Specification, PID – Pražská integrovaná doprava, IPR Praha – Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy, ArcGIS Pro, síťová analýza, jízdní řády, veřejná doprava, cestující, síťový dataset, extenze Network Analyst, analýza oblasti služeb, akcesibilita

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the processing of open public transport data, which are in GTFS format provided by ROPID and pedestrian networks from IPR Praha. As part of the work, acquaintance with available data is made and a multimodal network is created, which allows pedestrians (passengers) to move freely throughout network and to use public transport for transfers at any time according to the timetable in the capital city of Prague.

KEYWORDS

GTFS – General Transit Feed Specification, PID – Pražská integrovaná doprava, IPR Praha – Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy, ArcGIS Pro, network analysis, timetables, public transport, passengers, network dataset, Network Analyst extension, service area, accessibility

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Sítový dataset pohybu osob na území Prahy s využitím dat GTFS“ vypracoval pod vedením Doc. Ing. Jiřího Cajthamla, Ph.D. samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne

.....

(podpis autora)

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D., řediteli sekce prostorových informací Mgr. Jiřímu Čtyrokému, Ph.D. a datové analytičce Ing. Alžbetě Gardoňové z IPR Praha za veškerou pomoc a strávený čas při tvorbě diplomové práce. Dále děkuji všem, kteří mě v průběhu vysokoškolského studia provázeli a podporovali.

Obsah

Slovník zkratk	8
Úvod a cíle práce	9
Rešerše	11
1 Teoretická část	13
1.1 IPR Praha.....	13
1.2 ROPID	14
1.3 Co je to GTFS.....	16
1.4 GTFS Static Overview	18
1.4.1 Dostupnost GTFS feedů.....	21
1.4.2 Agency	21
1.4.3 Stops	22
1.4.4 Routes	26
1.4.5 Trips.....	27
1.4.6 Stop times.....	30
1.4.7 Calendar	32
1.4.8 Calendar dates.....	33
1.4.9 Fare attributes.....	34
1.4.10 Fare rules.....	35
1.4.11 Shapes	36
1.4.12 Frequencies	37
1.4.13 Transfers.....	37
1.4.14 Pathways	39
1.4.15 Levels	41
1.4.16 Translations	42
1.4.17 Feed info	43
1.4.18 Attributions	44
1.4.19 Route sub agencies (rozšíření od PID)	45
2 Praktická část	46
2.1 Stažení dat	46
2.2 Spuštění a nastavení programu ArcGIS Pro	47
2.3 Nastavení souřadnicového systému.....	47
2.4 Transformace dat	48

2.5	Průzkum datové sady PID_GTFS	48
2.5.1	Kontrola stop_times.txt	49
2.5.2	Kontrola calendar.txt a calendar_dates.txt	49
2.6	Příprava Network Datasetu.....	50
2.6.1	Editace vrstvy pěší trasy IPR (Model 1 Cesty IPR).....	51
2.6.2	Vytvoření feature dataset (Model 2 Feature Dataset)	52
2.6.3	Převod GTFS do geodatabáze (Model 3 GTFS_2_GDB)	53
2.6.4	Propojení zastávek s ulicemi (Model 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR).....	55
2.6.5	Vytvoření síťového datasetu (Model 5 Create ND).....	59
2.6.6	Sestavení síťového datasetu (Model 6 Build Network IPR).....	71
2.7	Servis Area	72
	Diskuze.....	76
	Závěr.....	78
	Použité zdroje.....	79
	Seznam obrázků.....	83
	Seznam tabulek.....	85
	Seznam příloh	86

Slovník zkratek

Tab. 1: Slovník zkratek

Zkratka	Vysvětlení
GIS	Geografický informační systém
GTFS	General Transit Feed Specification
IPR Praha	Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy
ROPID	Regionální organizátor Pražské integrované dopravy
PID	Pražská integrovaná doprava
DPP	Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
JDF	Jednotný datový formát
CSV	Comma-separated values

Úvod a cíle práce

Data z jízdních řádů veřejné hromadné dopravy jsou nezbytným základem pro různé analýzy. Bezpochyby jsou i nepostradatelným zdrojem cenných informací pro správní orgány, které pomocí dopravních dat řídí dopravu, navrhují jízdní řády, optimalizují trasy, hledají úspory apod.

Taková data lze publikovat vícero způsoby. V České republice jsou k dispozici data ve formátu JDF, a to na základě vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů ČR č. 388/2000 Sb., o jízdních řádech veřejné linkové osobní dopravy. [1] Tato data není možné jednoduše aplikovat pro analýzy a provádět analytickou metodologii za účelem získávání netriviálních, skrytých a potenciálně užitečných informací. Mnoho přepravních společností v dnešní době publikuje svá data ve formátu GTFS, který je světově rozšířeným standardem pro data jízdních řádů a je možné ho využívat pro analýzy. Dnes 24. 4. 2021 je poskytován až 1327 poskytovateli v 677 lokacích po celém světě. Jedním z poskytovatelů je i hlavní město Praha v rámci systému PID. [2]

V dnešní době existuje celá řada aplikací, které na pozadí pracují s daty GTFS. Aplikace poskytují uživatelům přehled o veškerých dostupných spojeních na základě vybraných kritérií (např. čas odjezdu/příjezdu, počet přestupů, kontrolní zastávky/stanice) od výchozí, až do cílové zastávky nebo stanice městské hromadné dopravy.

Co když je zájem zjistit, kam všude se může cestující dostat za 30 minut z výchozího místa, v konkrétní den a čas? Jak bude vypadat dostupnost z centra města ráno, v poledne, večer nebo třeba v noci s využitím chůze a městské hromadné dopravy? Existují místa ve městě, kde je stále dobrá, nebo špatná dostupnost hromadnou dopravou? Tyto a mnoho dalších otázek si občas ze zvědavosti pokládám sám sobě. Právě tak se zrodila myšlenka, že by bylo zajímavé si na tyto otázky odpovědět a v ideálním případě nabídnout tyto odpovědi někomu, komu se to hodí a mohl by s těmito daty dále pracovat. Tím může být IPR

Praha, který by se mohl zabývat analýzou dostupnosti jednotlivých lokalit a zlepšovat tak život v místě, kde žiji, v rámci plánování a rozvoje města.

Rád bych touto diplomovou prací navázal na své znalosti a zkušenosti z bakalářské práce na téma síťových analýz v GIS. V průběhu práce bych se měl seznámit s formátem GTFS, který je využíván pro ukládání informací o dopravních sítích provozovatelů veřejné dopravy. Poté bych měl prozkoumat poskytovaný formát dat GTFS od ROPID a zjistit jeho případné nesrovnalosti a specifika. V práci bych se měl dále zabírat průzkumem a testováním dostupných nástrojů pro software ArcGIS Pro od společnosti Esri. Nedílnou součástí práce by mělo být řešení uliční sítě pro pohyb chodců, aby bylo možné propojit veřejnou dopravu s okolním prostředím a mohl tak vzniknout funkční multimodální síťový dataset. V rámci toho datasetu by se chodci (cestující) měli být schopni pohybovat po síti pěšky a k rychlejšímu přesunu využívat aktuální dostupné dopravní prostředky veřejné dopravy (např. autobus, tramvaj, metro, vlak, přívoz) podle aktuálních jízdních řádů.

Výsledkem praktické části práce by mělo být sestavení funkčního síťového datasetu s možností modelování dostupnosti, který by měl sloužit jako názorná ukázka. Konkrétní nastavení a modifikaci síťového datasetu si bude muset případně IPR Praha provést sám, nebo ve spolupráci podle interních potřeb.

Rešerše

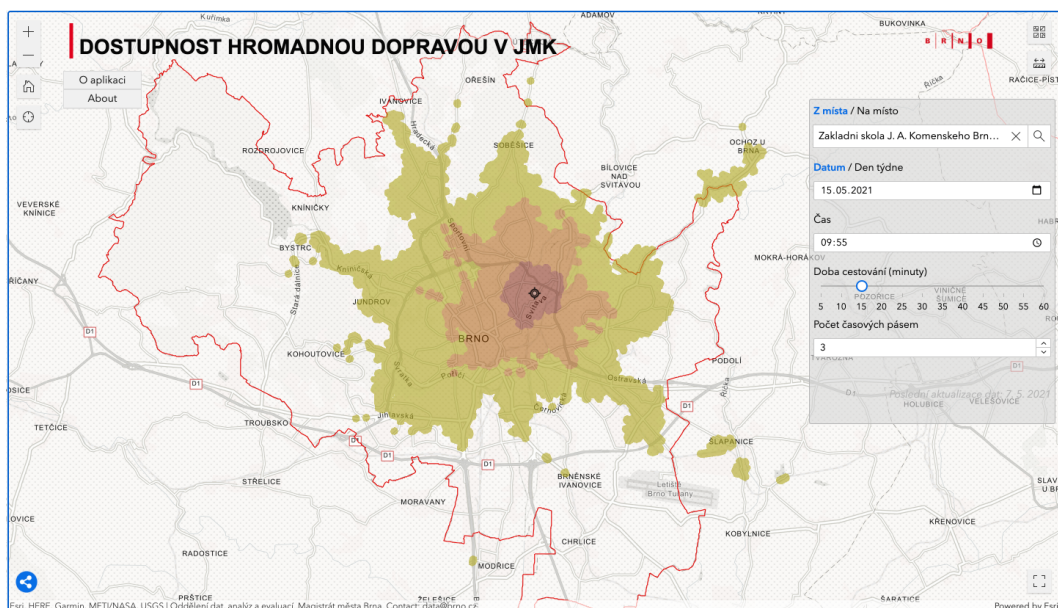
Diplomová práce vychází ze získaných znalostí a zkušeností, načerpaných z mé předchozí bakalářské práce [3], kde jsem se zabýval tématy jako jsou Geografické informační systémy, teorie grafu, síťové datasety a extenze ArcGIS Network Analyst, které jsou nezbytným základem pro problematiku této práce. Tématu *Síťové analýzy v GIS* [4] a užívaným nástrojům se velmi podrobně věnuje diplomová práce Bc. Terezy Pantůčkové.

V mé diplomové práci se zabývám specifickou oblastí, kterou je vytvoření síťového datasetu veřejné dopravy v softwaru ArcGIS Pro z poskytovaných dat veřejné dopravy ve formátu GTFS.

U nás i ve světě lze dohledat mnoho prací, které se věnují zpracování a aplikaci GTFS dat k různým účelům. V rámci prohledávání elektronické databáze Google Scholar jsem nedohledal práci, která by se věnovala modelování veřejné akcesibility pro cestující v Praze s využitím a průzkumem struktury GTFS dat poskytovaných organizátorem ROPID. Nejbližší k tomu má bakalářská práce Jana Papouška na téma *Multimodální plánování v městském prostoru pro potřeby seniorů* [5]. Práce je zaměřena na postup vlastní tvorby cestní sítě včetně možného pohybu po síti z pohledu seniora. Jako podkladová data pro pěší síť byl zvolen vzorek dat od společnosti CEDA a pro cestování veřejnou dopravou GTFS data od DPP. V práci je věnována minimální pozornost struktuře a specifikacím GTFS dat, která nejsou navíc poskytována organizátorem ROPID a zahrnují data pouze od DPP, který je poskytuje jako vlastní datovou sadu. Zároveň je zde pracováno s daty pěší sítě, která má své specifické zaměření, a je jiná než ta, kterou poskytuje IPR Praha.

V průběhu tvorby této diplomové práce na jaře roku 2021 byla publikována aplikace pro modelování dostupnosti v Jihomoravském kraji, na jejímž vývoji se podílel Magistrát města Brna a společnost Kordis JMK, akciová společnost. Na stránkách data.brno.cz [6] autoři uvádějí, že jako první v České republice tímto způsobem využívají data z jízdních řádů a získávají tak unikátní pohled na chování

a vlastnosti systému veřejné hromadné dopravy v Brně a celém kraji. Aplikace *Dostupnost hromadnou dopravou v JMK* [7] umožňuje zvolit 1 až 9 časových pásem s volbou časového intervalu. Lze nastavit konkrétní datum a čas, dokonce i obecný den v týdnu. Časová dostupnost je modelována k místu, které si uživatel sám zvolí a může si určit, zda chce vypočítat dostupnost „z“ nebo „do“ daného místa.



Obr. 1: Ukázka aplikace dostupnosti hromadné dopravy v JMK [7]

Aplikace je velmi dobrou ukázkou toho, jak lze pracovat s daty GTFS v rámci modelování dostupnosti. Postup zpracování není veřejný, a proto nelze pro účely této diplomové práce bez kontaktování autorů a poskytnutí know-how z aplikace dále čerpat informace. Myslím si, že právě zde existuje skvělá příležitost pro budoucí spolupráci a inspiraci pro IPR Praha, který by se ve výsledku mohl vydat podobnou cestou.

Jako nejlepší zdroj pro tvorbu této diplomové práce se jeví dostupné podklady přímo od společnosti Esri, která zpracovala pro svůj software manuál včetně ukázky převodu a zpracování GTFS dat s využitím peší sítě [8]. Na základě tohoto konceptu přicházím se svým funkčním síťovým datasetem pro Prahu.

1 Teoretická část

Teorie je zaměřena na seznámení se s obsahem činnosti institucí IPR Praha a ROPID, jejich strukturou, kompetencemi, vývojem a hlavními oblastmi činnosti. Stěžejní část práce je věnována formátu GTFS dat, popisu obecné struktury a porovnání poskytovaných dat organizátorem ROPID vůči předepsané struktuře.

1.1 IPR Praha

Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy (IPR Praha) je příspěvkovou organizací, která vznikla na podzim roku 2013 transformací z tehdejšího Útvaru rozvoje hl. m. Prahy. Zřizovatelem je hl. m. Praha. Institut je hlavním koncepčním pracovištěm Prahy v oblasti architektury, urbanismu, rozvoje a tvorby města a spolupracuje na významných rozhodnutích v těchto oblastech. Institut se zabývá zpracováním a koordinací dokumentací v oblasti strategického a územního plánování a rozvoje, veřejného prostoru a dokumentací dopravní, technické, krajinné a ekonomické infrastruktury.

Institut plánování a rozvoje získává, spravuje a aktualizuje prostorové informace, které jsou důležité pro rozvoj města. Tato data jsou klíčovým podkladem pro vznik většiny výše uvedených dokumentů. IPR Praha spravuje web geoportalpraha.cz, kde je množství veřejně přístupných map Prahy. Institut poskytuje konzultace a také zastupuje hl. m. Prahu jako účastníka řízení ve věcech územního plánování. Dále úzce spolupracuje s různými institucemi na národní i mezinárodní úrovni zejména v oblastech jako je rozvoj, plánování a správa města. Posiluje také partnerství a spolupráci s vysokými školami, různými odbornými institucemi i neziskovými organizacemi jak u nás, tak i ve světě.

I přesto, že samotná instituce vznikla poměrně nedávno, první novodobé urbanistické návrhy na budoucí zástavu Prahy lze nalézt již koncem 19. století. Dokumenty řešily mimo jiné problematiku technického vybavení, systém odkanalizování a zásobování vodou a s postupem času i dopravní koncepci.

Podle organigramu institutu stojí v čele ředitel spolu s gremiální radou, personální kanceláří a kanceláří řízení a projektů. Pod sebou mají zástupce ředitele pro provozní a ekonomickou činnost a zástupce ředitele pro odbornou činnost.

Oblast provozní a ekonomické činnosti má pod sebou sekce právní, ekonomicko-provozní, sekci prostorových informací a sekci vnější vztahů. Tyto sekce se potom rozdělují dále na takzvané kanceláře.

Oblast pro odbornou činnost zahrnuje sekce rozvoje města, infrastruktury a detailu města. Tyto sekce mají své kanceláře a zároveň mají k dispozici odbornou a metodickou podporu města.



Obr. 2: Oficiální logo IPR Praha [10]

Tato kapitola byla zpracována podle [11] až [13].

1.2 ROPID

Regionální organizátor Pražské integrované dopravy (ROPID) je příspěvkovou organizací hl. m. Prahy. Svou činnost zahájil 1. prosince roku 1993. Jeho založením vyvrcholil záměr města reagovat na probíhající společenské i ekonomické změny a vybudovat tak moderní integrovaný systém hromadné dopravy osob v Praze a v jejím blízkém okolí.

Cílem systému je nabídnout alternativu ke stále intenzivnějšímu automobilovému provozu, a to skrze atraktivní a důstojnou hromadnou dopravu všem skupinám obyvatel, včetně návštěvníku hlavního města.

Úkolem této organizace je zejména zajišťovat chod integrovaného systému hromadné dopravy osob (cestujících) a to konkrétně Pražské integrované dopravy (PID). Vyjma zajišťování chodu je úkolem organizace tento systém i dále rozvíjet. PID je společným dopravním systémem Prahy a Středočeského kraje. ROPID plní úlohu organizátora a kontroly systému. Organizátor se ze své činnosti zodpovídá orgánům samosprávy i státní správy, které ho úlohou zabezpečení fungování dopravy pověřily. Organizace má mnoho kompetencí a mezi ty hlavní patří záležitosti, které jsou spojené s běžným provozem systému PID jako je například tvorba dopravních opatření, jízdních řádů, prokladů a návazností linek, návrh tarifu a jízdného, spolupráce na realizaci preferenčních opatření atp. Dále to jsou kompetence, které umožňují uzavírat smlouvy k zajištění samotného provozu systému s objednateli i dopravci či úkoly spojené s rozvojem systému, stanovování a sledování kvality služeb, rozvoj informačních systémů pro cestující a mnoho dalšího.

Celá kapitola byla zpracována podle [14].



Obr. 3: Oficiální logo ROPID [15]



Obr. 4: Oficiální logo PID [15]

1.3 Co je to GTFS

Zkratka GTFS (myšlen formát Static Overview [16]) znamená General Transit Feed Specification. Jedná se o jednotný formát pro jízdní řády veřejné dopravy, včetně souvisejících geografických informací, jako jsou například zastávky a trasy linek. Mimo jiné existuje i formát GTFS Realtime Overview [17], který poskytuje informace o polohách přepravních prostředků v reálném čase.

Skrze formát GTFS mohou společnosti zveřejňovat svá data podle předepsaných pravidel a vývojáři mohou psát vlastní aplikace, které jsou schopny z tohoto formátu samostatně čerpat potřebné údaje. Data GTFS se skládají z řady textových (CSV) souborů, které jsou shromážděny v souboru ZIP a kódovány v UTF-8. Jednotlivé soubory modelují konkrétní aspekt informací o dopravě jako jsou zastávky, cesty, trasy, jízdní řády a tak dále. GTFS tvoří šest povinných souborů a dalších deset nepovinných souborů. Velkou výhodou tohoto formátu je možnost poměrně snadné implementace dat do různých plánovacích aplikací, map, vyhledavačů jízdních řádů a podobně.

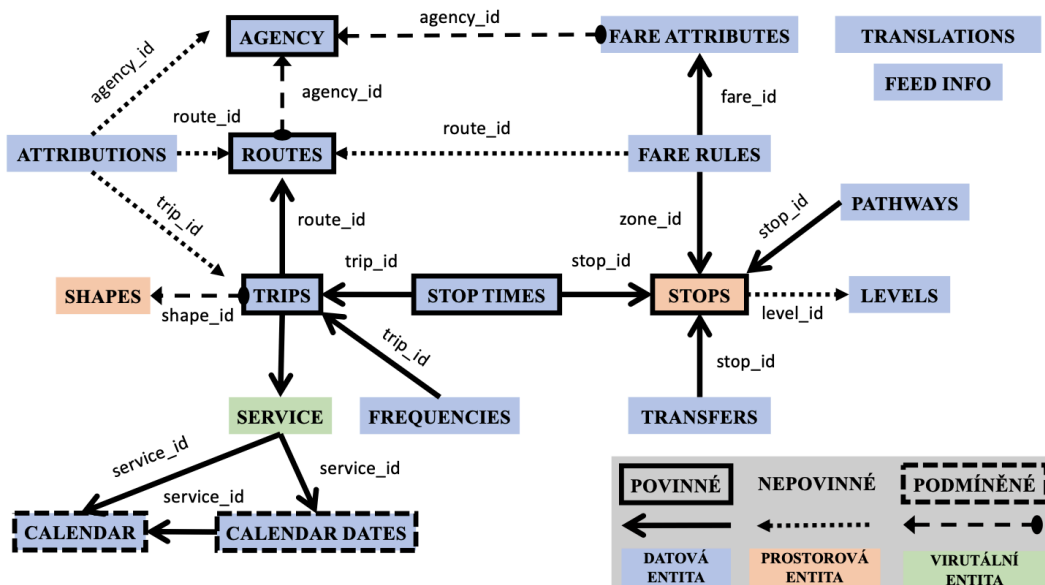
Vývoj tohoto datového modelu započal v Portlandu v Oregonu společností TriMet ve spolupráci s Google. Společně se pokusili vyřešit problém s plánováním tras skrze využití otevřených datových sad pro veřejnost. Díky této spolupráci byl navržen formát, který je udržovatelný, jednoduchý a využitelný pro mnoho aplikací. V roce 2010 byl tento formát přejmenován z Google Transit Feed Specification do současného pojmenování General Transit Feed Specification, aby tak reprezentoval svoje využití i mimo ekosystém společnosti Google.

Jak je již známo, tak GTFS reprezentuje datový model jízdních řádů (tj. linky, intervaly spojů, trasy a typy linek, tarify a zóny, dopravci atd.). K čemu je to dobré? Proč je využíván a měl by stále být? V první řadě je nutné zmínit, že je zapotřebí ho chápat jako prostředek, který je využíván k různým účelům a konkrétním aplikacím. Níže uvádím několik příkladů [18].

- **Přístupnost** za účelem pomoci cestujícím, kteří mají zdravotní postižení. S cílem vytvořit cestovní asistenční systém pro zrakově postižené nebo intelektuálně postižené.
- **Vizualizace dat** za účelem zjištění dostupnosti a času dojíždění v kombinaci pohybu cestujícího pěšky i pomocí spoje včetně přestupu. Porovnávání různých vztahů a jevů, pokrytí obsluhované oblasti, intenzity spojů a tak podobně.
- **Frameworks a databázové nástroje** za účelem ulehčení vytváření a organizaci souborů GTFS.
- **Interaktivní hlasová odezva** za účelem poskytovat informace o aktuální poloze daného prostředku za pomoci telefonního hovoru s automatem.
- **Mapové aplikace** za účelem zobrazení veřejné dopravy na mapě s možností zkoumat poskytované služby v kontextech (umístění zastávek, přestupy, strategická místa pro bydlení atp.)
- **Software pro plánování sítě** za účelem plánování tras, modelování dopravy, předpověď poptávky po cestování.
- **Veřejné informační displeje** za účelem poskytování informací cestujícím o časech příjezdu a odjezdu spojů, různé výstrahy v reálném čase.
- **Aplikace v reálném čase** za účelem poskytování odhadovaného času příjezdu na základě aktuální pozice dopravního prostředku.
- **Software pro generování jízdního řádu** za účelem tvorby a publikování .html a .pdf souborů z informací obsažených v databázi nebo přímo v GTFS.
- **Plánovací a navigační aplikace** za účelem sestavení jízdního řádu.

1.4 GTFS Static Overview

Statický formát jízdních řádů obsahuje 6 až 7 povinných textových souborů a dalších 10 nepovinných. Níže na [Obr. 5: Schéma struktury GTF] je uvedeno schéma struktury GTFS, které poukazuje na provázanost jednotlivých textových souborů. Tato kapitola včetně následujících byla zpracována podle [19] a [20].



Obr. 6: Schéma struktury GTFS

V následujících dvou tabulkách [Tab. 2: Povinné soubory statického GTFS datasetu a Tab. 3: Nepovinné soubory statického GTFS datasetu] je uvedena pro každý soubor krátká charakteristika obsahu atributu.

Tab. 4: Povinné soubory statického GTFS datasetu

Název	Povinnost	Obsah atributu
agency.txt	Ano	Informace o přepravních agenturách.
stops.txt	Ano	Jednotlivé zastávky, stanice a vchody, kde cestující mohou nastoupit či vystoupit.
routes.txt	Ano	Všechny linky.
trips.txt	Ano	Konkrétní spoje vázané na routes (bariérový x bezbariérový spoj atd.).
stop_times.txt	Ano	Příjezdy a odjezdy vozidel na jednotlivé zastávky v rámci dané jízdy (trips).
calendar.txt	Podmíněně	Termíny služby zadané pomocí týdenního plánu s termíny zahájení a ukončení linky. Tento soubor je vyžadován, pokud nejsou všechny termíny služby definovány v calendar_dates.txt.
calendar_dates.txt	Podmíněně	Výjimky pro služby definované v calendar.txt (speciální termíny, kdy linka funguje, nebo naopak nefunguje). Pokud je soubor calendar.txt vynechán, je vyžadován soubor calendar_dates.txt, který musí obsahovat všechny termíny služby.

Tab. 5: Nepovinné soubory statického GTFS datasetu

Název	Povinnost	Obsah atributu
fare attributes.txt	Ne	Cena a měna jízdného.
fare rules.txt	Ne	Systém tarifů a zón.
shapes.txt	Ne	Trasy linek.
frequencies.txt	Ne	Intervaly jednotlivých linek.
transfers.txt	Ne	Vztah přestupů mezi zastávkami v přestupních bodech.
pathways.txt	Ne	Cesty spojující místa v rámci zastávky/stanice.
levels.txt	Ne	Vertikální struktura zastávky/stanice (počet pater).
translations.txt	Ne	Překlady do jiných jazyků.
feed info.txt	Ne	Popis datové sady (vydavatel, verze, platnost...).
attributions.txt	Ne	Přiřazení aplikovaná na datovou sadu (např. kontakty na přepravní společnosti).

Každý soubor má přesně definované povinné a volitelné atributy včetně jejich charakteristiky. Vše je přehledně a srozumitelně vysvětleno na webových stránkách GTFS [19].

V průběhu užívání došlo k zjištění, že formát GTFS není všemohoucí a v určitých případech se nedá moc dobře využít. Přirozeně tak z tohoto důvodu docházelo a stále dochází k postupným modifikacím tohoto formátu v tom smyslu, že se občas hodí publikovat více informací, než je běžné. V praxi dochází k přidávání dalších souborů nebo k přidávání dalších atributů přímo do některých již existujících souborů. Sílou tohoto formátu je skutečnost, že je jednoduchý a nenáročný. Je dbáno na to, aby nebyl zbytečně komplikovaný. Pokud by standardně zahrnoval přebytečné atributy a soubory, pravděpodobně by tak ztratil svůj charakter a šel by tak proti potřebám a pohodlí dopravců i vývojářů aplikací. V konečném důsledku by s velkou pravděpodobností nebyl takový zájem ho dále využívat. Každé přidání atributu znamená potřebu přidat další data, která se musí mnohdy nesnadným způsobem získat. Může nastat i situace, kdy jsou přebytečná data využitelná jen v některých případech, čímž by v případě nevyužití docházelo ke zbytečnému zvětšování paměťové náročnosti souborů, protože by musely obsahovat více oddělovačů hodnot. Pokud někdo využívá běžně kancelářský software i hardware, může tak nastat situace, kdy by tyto soubory způsobovaly potíže. Verze formátu *PID_GTFS* od ROPID.

V této kapitole se budu zabývat průzkumem a seznamováním poskytovaných GTFS dat od ROPID a dále hledat jejich nesrovnalosti a specifika oproti standardnímu formátu. Vše je platné k poslední poskytované verzi ze dne 15. 12. 2019.

Datová sada *PID_GTFS* obsahuje jízdní řády všech linek PID (tj. metro, vlaky, tramvaje, autobusy, přívozy a lanovka), trasy všech spojů, informace o tarifech pro výpočty cen jízdného. Dále obsahuje informace o garantovaných návaznostech mezi spoji a data o struktuře stanic metra. V současné době jsou jízdní řády vlaků zatím v experimentální podobě a mohou obsahovat nepřesnosti v případě výskytu výluk na tratích. Poskytovaná data splňují parametry GTFS Static Overview a jsou

rozšířena o Trip-to-trip transfers (v rámci souboru *trasfers.txt*). Rozšíření popisuje garantované přestupní vazby, kdy jeden spoj čeká na druhý a dále popisuje struktury stanic metra v souboru *pathways.txt* a *levels.txt*.

1.4.1 Dostupnost GTFS feedů

V nedávné době začalo docházet k poměrně velkému zveřejňování GTFS feedů na různých webových stránkách, což vedlo na mnoha místech ve světě k výraznému rozvoji služeb, které tento formát využívají. Jedním z velkých webových zdrojů je *transitfeeds* [2]. V rámci území ČR lze dohledat dvě datové sady. Jednu z nich vydává Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost (DPP) a druhou ROPID (totožná sada je ke stažení i na stránkách PID [20]). Obě tyto sady jsou aktualizovány každý den a je zajímavé, že se od sebe mírně liší. Data od ROPID zahrnují v sobě upravená data dopravního podniku i všech ostatních, kteří jsou součástí PID. Z tohoto důvodu se budu v práci dále zabývat daty od ROPID, protože potřebuji pracovat s daty všech společností. V České republice publikují svá data i další dopravci a města, ale je zapotřebí je dohledat přímo na jejich stránkách, nebo si je vyžádat.

1.4.2 Agency

V textovém souboru *agency.txt* jsou běžně uváděny informace o přepravních agenturách. V případě datové sady *PID_GTFS* jsou informace vztažené k Pražské integrované dopravě. Tabulka níže objasňuje, která pole jsou povinná, a stručně charakterizuje význam jednotlivých polí. Současně je z tabulky patrné, která níže uvedená pole datová sada *PID_GTFS* obsahuje a neobsahuje.

Tab. 6: Parametry atributu agency

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
agency_id	ID	Podmíněně	✓	Identifikace přepravní společnosti nebo agentury.
agency_name	Text	Ano	✓	Celé oficiální jméno.
agency_url	URL	Ano	✓	URL adresa.
agency_timezone	Časové pásmo	Ano	✓	Časové pásmo, kde se nachází společnost nebo agentura. Pokud jich je více, tak všechny musí mít toto pole stejné.
agency_lang	Kód jazyka	Ne	✓	Primární jazyk, který je používán.
agency_phone	Telefonní číslo	Ne	✓	Telefonní kontakt.
agency_fare_url	URL	Ne	✗	URL adresa odkazující na nákup jízdného.
agency_email	E-mail	Ne	✗	Aktivní e-mailová adresa pro komunikaci.

	A	B	C	D	E	F
1	agency_id	agency_name	agency_url	agency_timezone	agency_lang	agency_phone
2	99	Pražská integrovaná doprava	https://pid.cz	Europe/Prague	cs	420234704560

Obr. 7: Ukázka části souboru agency z datové sady PID_GTFS

1.4.3 Stops

Tento soubor zahrnuje jednotlivé zastávky, stanice a vchody, kde cestující mohou nastoupit či vystoupit.

Tab. 7: Parametry atributu stops

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
stop_id	ID	Ano	✓	Identifikátor zastávky, stanice nebo vchodu do stanice.
stop_code	Text	Ne	✗	Identifikace umístění krátkým textem nebo číslem.
stop_name	Text	Podmíněně	✓	Název zastávky nebo stanice.
tts_stop_name	Text	Ne	✗	Zkrácené názvy zastávek a stanic.
stop_desc	Text	Ne	✗	Popis a charakteristika místa.
stop_lat	Zem. šířka	Podmíněně	✓	Zeměpisná šířka umístění.
stop_lon	Zem. délka	Podmíněně	✓	Zeměpisná délka umístění.
zone_id	ID	Podmíněně	✓	Tarifní pásmo, ve kterém se nachází zastávka nebo stanice.
stop_url	URL	Ne	✓	URL webové stránky o umístění.
location_type	Výčet	Ne	✓	0 (nebo prázdné) – zastávka (jedna platforma) 1 – stanice (více platform) 2 – vstup do stanice / výstup ze stanice 3 – obecný uzel (lze využít pro propojení s pathways.txt) 4 – nástupní prostor
parent_station	Odkaz na stops.stop_id	Podmíněně	✓	Definice hierarchie mezi různými místy. Obsahuje ID nadřazeného umístění location_type.
stop_timezone	Časové pásmo	Ne	✗	Časové pásmo místa, kde se zastávka nebo stanice nachází.
wheelchair_boarding	Výčet	Ne	✓	Označuje, zda je v dané zastávce nebo stanici možné nastupovat/vystupovat s invalidním vozíkem. 0 (nebo prázdné) – žádné informace o přístupnosti 1 – do vybraných vozidel to lze 2 – nástup/výstup není možný
level_id	Odkaz na levels.level_id	Ne	✓	Úroveň umístění.
platform_code	Text	Ne	✓	Identifikátor nástupiště nebo sloupku (např. „C“ nebo „5“)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	stop_id	stop_name	stop_lat	stop_lon	zone_id	stop_url	location_type	parent_station	wheelchair_boarding	level_id	platform_code
2	U50S1	Budějovická	50.04441	14.44879	P		1		1		
3	U52S1	Chodov	50.03167	14.49096	P		1		1		
4	U75S1	Kolbenova	50.11040	14.51640	P		1		1		
5	U78S1	Ládví	50.12659	14.46945	P		1		1		
6	U100S1	Vltavská	50.10030	14.43849	P		1		1		
7	U106S1	Opatov	50.02789	14.50919	P		1		1		
8	U115S1	Nádraží Holešovice	50.10892	14.44007	P		1		1		
9	U118S1	Flora	50.07828	14.46259	P		1		2		
10	U135S1	Hloubětín	50.10669	14.53639	P		1		1		

Obr. 8: Ukázka části souboru stops z datové sady PID_GTFS

Datová sada *PID_GTFS* uvádí do feedu pouze takové zastávky a stanice, které jsou aktuálně využívány. To jest alespoň v některý den platnosti daného feedu zastavují v zastávce nebo ve stanici některé spoje. V případě, že je zastávka nebo stanice (byť i dočasně) mimo provoz, nebude v sadě obsažena.

Každá stanice metra má dvě zastávky (pro každý směr jízdy je určena jedna) a ty jsou sdružené do jedné stanice. *Stop_id* takové stanice má tvar *Učíslo_uzluSindex*. V případě, že se jedná o přestupní stanici metra, pak jsou zastávky čtyři a jsou rozdělené do dvou úrovní pro každou linku metra rozlišených v *level_id* jako je uvedeno níže.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	stop_id	stop_name	stop_lat	stop_lon	zone_id	stop_url	location_type	parent_station	wheelchair_boarding	level_id	platform_code
2	U1072S1	Můstek	50.08347	14.42397	P		1		1		
3	U1072Z101P	Můstek	50.08348	14.42446	P		0	U1072S1	1	U1072L2	A1
4	U1072Z102P	Můstek	50.08359	14.42460	P		0	U1072S1	1	U1072L2	A2
5	U1072Z121P	Můstek	50.08345	14.42327	P		0	U1072S1	1	U1072L4	B1
6	U1072Z122P	Můstek	50.08332	14.42342	P		0	U1072S1	1	U1072L4	B2

Obr. 9: Stanice metra Můstek

V současné době jsou stanice a zastávky vlaků reprezentovány jediným záznamem typu *Stop*. Výhledově má poskytovatel datové sady v plánu u stanic s alespoň dvěma nástupišti vytvořit záznam typu *Station* a rozlišit tak jednotlivá nástupiště od sebe. V datové sadě lze dohledat pár desítek takových bodů, které nejsou stanicemi a jsou využity jako tzv. průjezdní body. Poznat tyto průjezdní body lze v *stop_id* pomocí začínajícího písmena „T“. Kromě zastávek a stanic je možné v datové sadě nalézt i *intermediate nodes* a *boarding areas*.

Pole *zone_id* uvádí, v jakém tarifním pásmu se daná zastávka nebo stanice nachází. V rámci systému PID jsou rozlišována tarifní pásma s rozdílným ceníkem.

Pásma P, 0, B jsou určena pro území hlavního města a pásma 1 až 9 pro Středočeský kraj. V Praze má pásmo P dvojnásobnou tarifní hodnotu a je tedy započítáno jako dvě tarifní pásma. Do pásma spadají všechny linky metra, tramvají, lanová dráha, městské autobusy, přívozy i určité železniční stanice. V pásmu 0 jsou zahrnuty příměstské autobusové linky a vybrané železniční stanice v širší oblasti kolem centra města. Do pásma B spadají příměstské autobusové linky i vybrané železniční stanice na území periferie Prahy. Jedním ze specifik PID je skutečnost, že některé zastávky a stanice mají označení vícero pásmy (např. „B, 1“ atd.). Existují i takové, které ho dokonce nemají uvedené vůbec. Zpravidla se jedná o speciální linky se zvláštním tarifem jako je například AE (Airport Express). Nebo se může jednat o zastávky a stanice mimo síť PID, v takovém případě obsahují místo prázdného pole pomlčku.

Vzhledem k tomu, že v rámci jedné zastávky mohou být jednotlivé linky zařazeny do různých tarifních pásem, může být z tohoto důvodu zastávka rozdělena do více „virtuálních“ záznamů, kdy všechny tyto záznamy sdílí stejnou pozici v mapě i v realitě. K tomu kroku je přistupováno z praktických důvodů (např. výpočet ceny). Níže je uveden příklad rozdělené zastávky do „virtuálních“ záznamů pro Černý Most.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	stop_id	stop_name	stop_lat	stop_lon	zone_id	stop_url	location_type	parent_station	wheelchair_boarding	level_id	platform_code
2	U897S1	Černý Most	50.10897	14.57683	P		1		1		
3	U897Z1P	Černý Most	50.10912	14.57713	P		0		0		V1
4	U897Z1	Černý Most	50.10912	14.57713	0		0		0		V1
5	U897Z2P	Černý Most	50.10920	14.57743	P		0		0		B
6	U897Z3P	Černý Most	50.10884	14.57867	P		0		0		17
7	U897Z4P	Černý Most	50.10881	14.57834	P		0		0		16
8	U897Z5P	Černý Most	50.10877	14.57797	P		0		0		15
9	U897Z5	Černý Most	50.10877	14.57797	0		0		0		15
10	U897Z6	Černý Most	50.10869	14.57735	0		0		0		14
11	U897Z7P	Černý Most	50.10864	14.57690	P		0		0		13
12	U897Z8P	Černý Most	50.10859	14.57648	P		0		0		12
13	U897Z9	Černý Most	50.10854	14.57615	B,1		0		0		11
14	U897Z10P	Černý Most	50.10940	14.57822	P		0		0		F
15	U897Z11P	Černý Most	50.10972	14.57853	P		0		0		D
16	U897Z11	Černý Most	50.10972	14.57853	0		0		0		D
17	U897Z21	Černý Most	50.10912	14.57713	B,1		0		0		V1
18	U897Z31	Černý Most	50.10972	14.57853	B,1		0		0		D
19	U897Z101P	Černý Most	50.10900	14.57681	P		0	U897S1	1	U897L0	1
20	U897Z102P	Černý Most	50.10891	14.57684	P		0	U897S1	1	U897L0	2

Obr. 10: Příklad rozdělené zastávky do „virtuálních“ záznamů

V poslední řadě je zapotřebí mít na paměti, že jedna zastávka může mít i více záznamů, pokud se v čase daného feedu mění některá z jejich vlastností (např. bezbariérovost, poloha atd.).

1.4.4 Routes

V tomto souboru jsou definovány všechny trasy linek, tedy jejich číselné i textové označení. Dále je zde uveden typ dopravního prostředku, který linku obsluhuje. Specifikací datasetu *PID_GTFS* je přidáné pole *is_night*, které rozlišuje pomocí příznaku nuly denní linky a pomocí jedničky noční linky. Pole *route_long_name* odpovídá takzvané licenční trase linky, tudíž nemusí nutně souhlasit s reálnou trasou linky například vlivem výluky.

Tab. 8: Parametry atributu routes

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
route_id	ID	Ano	✓	Určení trasy linky (např. L991 je linka metra A)
agency_id	Odkaz na agency.agency_id	Ano	✓	Identifikace přepravní společnosti nebo agentury.
route_short_name	Text	Podmíněně	✓	Krátký název linky, který se běžně používá (např. A, 5, 100, 907, X12).
route_long_name	Text	Podmíněně	✓	Celé jméno trasy (např. Spojovací – Spořilov)
.route_desc	Text	Podmíněně	✗	Popis trasy, kudy linka vede.
route_type	Výčet	Ne	✓	Typ dopravního prostředku 0 – tramvaj 1 – metro 2 – vlaky 3 – autobus 4 – trajekt 5 – kabelová tramvaj 6 – kabinová lanovka 7 – lanová dráha 11 – trolejbus 12 – jednokolejka
route_url	URL	Ano	✓	URL adresa s dalšími informacemi o lince
route_color	Barva	Ne	✓	Přiřazené barevné rozlišení linie linky
route_text_color	Barva	Ne	✓	Přiřazené barevné rozlišení textu linky

route_sort_order	Nezáporné celé číslo	Ne		Seřazení pořadí tras linek pro lepší přehlednost
continuous_pickup	Výčet	Ne	X	Podrobnosti ohledně způsobu a míst nastupování.
continuous_drop_off	Výčet	Ne	X	Podrobnosti ohledně způsobu a míst vystupování

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	route_id	agency_id	route_short_name	route_long_name	route_type	route_url	route_color	route_text_color	is_night	is_regional	is_substitute_transport
2	L991	99	A	Nemocnice Motol - Petřiny - Skalka - Depo Hostivař	1	https://pid.cz/linka/A	00A562	FFFFFF	0	0	0
3	L992	99	B	Zličín - Černý Most	1	https://pid.cz/linka/B	F8B322	0	0	0	0
4	L993	99	C	Letňany - Ládví - Háje	1	https://pid.cz/linka/C	CF003D	FFFFFF	0	0	0
5	L1	99	1	Sídlíště Petřiny - Spojovací	0	https://pid.cz/linka/1	7A0603	FFFFFF	0	0	0
6	L2	99	2	Sídlíště Petřiny - Nádraží Braník	0	https://pid.cz/linka/2	7A0603	FFFFFF	0	0	0
7	L3	99	3	Březiněveská - Nádraží Braník - Sídlíště Modřany	0	https://pid.cz/linka/3	7A0603	FFFFFF	0	0	0
8	L4	99	4	Sídlíště Barrandov - Čechovo náměstí	0	https://pid.cz/linka/4	7A0603	FFFFFF	0	0	0

Obr. 11: Ukázka části souboru routes z datové sady PID_GTFS

1.4.5 Trips

Soubor *trips.txt* obsahuje konkrétní spoje vázané na *routes.txt*. Jsou v něm obsažena jak všechna půlkola konkrétního spoje (směr = trasa z místa A do místa B), tak pak i opačný směr (z místa B do místa A). Dále jsou zde obsaženy mimo jiné informace o možnosti přepravy invalidních vozíků i jízdních kol.

Tab. 9: Parametry atributu trips

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
route_id	Odkaz na routes.route_id	Ano	✓	Reference na trasu linky.
service_id	Odkaz na calendar.service_id nebo calendar_dates.service_id	Ano	✓	Stanovuje, kdy je konkrétní služba spoje k dispozici pro jednu nebo více tras.
trip_id	ID	Ano	✓	Označení konkrétního spoje.
trip_headsign	Text	Ne	✓	Označení cílové zastávky nebo stanice.
trip_short_name	Text	Ne	✓	Označení konkrétního spoje pro veřejnost (PID využívá pro označení vlaků např. EC 336)

direction_id	Výčet	Ne	✓	Směr jízdy spoje. 0 – tam 1 – zpět
block_id	ID	Ne	✓	Sekvence spojů, kdy se stále jedná o jeden spoj, ale v průběhu cesty mění své číslo (označení).
shape_id	Odkaz na ID shapes.shape_id	Podmíněně	✓	Geoprostorový tvar, který popisuje dráhu vozidla spoje.
wheelchair_accessible	Výčet	Ne	✓	Označuje bezbariérový přístup. 0 (nebo prázdné) – žádné informace 1 – bezbariérový spoj 2 - bariérový spoj
bikes_alloweb	Výčet	Ne	✓	Označuje, zda je povolena přeprava jízdních kol. 0 (nebo prázdné) – žádné informace 1 – povolená přeprava 2 – nepovolená přeprava

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	route_id	service_id	trip_id	trip_headsign	trip_short_name	direction_id	block_id	shape_id	wheelchair_accessible	bikes_allowed	exceptional	trip_operation_type
2	L991	0000011-1	991_30_210320	Nemocnice Motol		0		L991V1	1	1	0	1
3	L991	0000011-1	991_31_210417	Depo Hostivař		1		L991V2	1	1	0	1
4	L991	0000011-1	991_485_210320	Nemocnice Motol		0		L991V3	1	1	0	1
5	L991	0000011-1	991_486_210321	Depo Hostivař		1		L991V2	1	1	0	1
6	L991	0000001-1	991_487_210321	Nemocnice Motol		0		L991V3	1	1	0	1
7	L991	0000001-1	991_488_210321	Depo Hostivař		1		L991V2	1	1	0	1
8	L991	0000001-1	991_489_210321	Nemocnice Motol		0		L991V3	1	1	0	1
9	L991	0000001-1	991_490_210321	Depo Hostivař		1		L991V2	1	1	0	1
10	L991	0000001-1	991_491_210321	Nemocnice Motol		0		L991V3	1	1	0	1

Obr. 12: Ukázka části souboru trips z datové sady PID_GTFS

Publikovaná sada *PID_GTFS* obsahuje navíc informace o *exceptional* a *trip_operation_type*. Atribut *block_id* je sestaven jako *trip_id* prvního spoje v rámci sekvence spojů, které na sebe vzájemně navazují, např. spoj linky 174 a 301 uvedený níže na obrázku [Obr. 13: Příklad přečíslování linky za pomoci *block_id*]. V praxi přes *block_id* jsou propojeny pouze takové spoje, kdy konkrétní vozidlo pokračuje dále ve své cestě a cestující tak nemusí přestupovat, pouze dojde k přečíslování linky.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	route_id	service_id	trip_id	trip_headsign	trip_short_name	direction_id	block_id	shape_id	wheelchair_accessible	bikes_allowed	exceptional	trip_operation_type
2	L301	1111100-4	301_17_210428	Praha,Luka		1	301_17_210428	L301V2	1	2	0	1
3	L174	1111100-4	174_170_210428	Vypich		1	301_17_210428	L174V4	1	2	0	1

Obr. 14: Příklad přečíslování linky za pomoci *block_id*

Dalším specifickým je použití *block_id* pro výjezdové a zátahové spoje tramvají z/do vozovny, které přepravují cestující. V případě, kdy není vozovna na trase linky, je takový spoj roztržen v první/poslední zastávce pravidelné trasy na dva samostatné *tripy* propojené pomocí *block_id*. Níže je uveden vzorový příklad zatahující linky číslo 5 z výchozí zastávky Sídliště Barrandov do Vozovny Motol, kde poslední zastávkou v trase je Anděl.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	route_id	service_id	trip_id	trip_headsign	trip_short_name	direction_id	block_id	shape_id	wheelchair_accessible	bikes_allowed	exceptional	trip_operation_type
2	L5	0000011-1	5_15_210306	Vozovna Motol		0	5_15_210306	L5V9	1	0	0	1
3	L5	0000011-1	5_16_210306	Vozovna Motol		0	5_15_210306	L5V10	1	0	1	8

Obr. 15: Příklad označení zatahující linky za pomoci *block_id*

Jak už bylo zmíněno, tak tento soubor PID rozšiřuje svá poskytovaná data o pole *trip_operation_type*, které rozlišuje regulérní spoje od výjezdů, zátahů a přejezdů s cestujícími mimo běžnou trasu linky. V případě spojů, které „zatahují“ (směřují) do vozovny na své pravidelné trase, jsou evidovány jako regulární. Spoje, které jsou z trasy jsou nuceny sjíždět, jsou rozděleny na regulární a neregulární část, jako uvádí příklad výše. Tato skutečnost se týká pouze tramvají, protože v ostatních případech jsou tyto spoje nevěřejné, a to z toho důvodu, že cestující nepřevážují. Pokud je v poli *trip_operation_type* uvedena hodnota 1, znamená to, že se jedná o regulérní spoj na trase. Hodnota 7 značí výjezd mimo pravidelnou trasu, označení 8 znamená zátah mimo pravidelnou trasu, číslo 9 označuje přejezd na lince mimo pravidelnou trasu a hodnota 10 znamená přejezd na jinou linku.

Co se týče garantované návaznosti spojů s přestupem, tak ty jsou zachyceny v souboru *transfers.txt*.

1.4.6 Stop times

Soubor *stop_times.txt* poskytuje informace o příjezdech a odjezdech vozidel na jednotlivé zastávky v rámci dané jízdy (*trips.txt*).

Tab. 10: Parametry atributu *stop times*

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
trip_id	Odkaz na tript.trips_id	Ano	✓	Označení konkrétního spoje.
arrival_time	Čas	Podmíněně	✓	Čas příjezdu spoje.
departure_time	Čas	Podmíněně	✓	Čas odjezdu spoje.
stop_id	Odkaz na stops.stop_id	Ano	✓	Identifikátor zastávky, stanice nebo vchodu do stanice.
stop_sequence	Nezáporné celé číslo	Ano	✓	Pořadí obsluhované zastávky v rámci trasy konkrétního spoje.
stop_headsign	Text	Ne	✓	Označení cílové zastávky nebo stanice.
pickup_type	Výčet	Ne	✓	Podrobnosti ohledně způsobu a míst nastupování.
drop_off_type	Výčet	Ne	✓	Podrobnosti ohledně způsobu a míst vystupování.
continuous_pickup	Výčet	Ne	✗	Podrobnosti ohledně způsobu a míst nastupování.
continuous_drop_off	Výčet	Ne	✗	Podrobnosti ohledně způsobu a míst vystupování.
shape_dist_traveled	Nezáporné číslo	Ne	✓	Vzdálenost od výchozí zastávky nebo stanice po vybranou.
timepoint	Výčet	Ne	✗	Identifikuje, zda konkrétní vozidlo spoje dodržuje přesně čas příjezdu a odjezdu, nebo zda jde o přibližně interpolované hodnoty. 0 – přibližně 1 (nebo prázdné) – přesný čas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	trip_id	arrival_time	departure_time	stop_id	stop_sequence	stop_headsign	pickup_type	drop_off_type	shape_dist_traveled
2	991_30_210320	4:43:35	4:43:35	U1071Z102P	1		0	0	0.00000
3	991_30_210320	4:45:30	4:46:00	U953Z101P	2		0	0	1.04378
4	991_30_210320	4:48:05	4:48:35	U713Z102P	3		0	0	2.53197
5	991_30_210320	4:50:05	4:50:35	U921Z102P	4		0	0	3.76786
6	991_30_210320	4:51:50	4:52:10	U118Z102P	5		0	0	4.71335
7	991_30_210320	4:53:20	4:53:40	U209Z102P	6		0	0	5.57688
8	991_30_210320	4:54:50	4:55:10	U476Z102P	7		0	0	6.43303
9	991_30_210320	4:56:20	4:56:50	U400Z102P	8		0	0	7.23968
10	991_30_210320	4:57:50	4:58:20	U1072Z102P	9		0	0	7.93047
11	991_30_210320	4:59:25	4:59:45	U703Z102P	10		0	0	8.67261
12	991_30_210320	5:00:50	5:01:10	U360Z102P	11		0	0	9.44856
13	991_30_210320	5:02:25	5:02:55	U163Z102P	12		0	0	10.26975
14	991_30_210320	5:04:15	5:04:45	U321Z102P	13		0	0	11.09886
15	991_30_210320	5:07:10	5:07:30	U157Z102P	14		0	0	13.28395
16	991_30_210320	5:08:55	5:09:15	U462Z102P	15		0	0	14.37667
17	991_30_210320	5:10:50	5:11:20	U507Z102P	16		0	0	15.51257
18	991_30_210320	5:13:15	5:13:15	U306Z102P	17		0	0	17.03718

Obr. 16: Ukázka části souboru *stop times* z datové sady *PID_GTFS*

Obecně v GTFS feedu je čas příjezdu a odjezdu po půlnoci zaznamenáván ve formátu 24:00:00, 25:00:00 atd., a to v rámci takzvaného servisního dne. V případě, kdy se ukončí provoz v rámci servisního dne (zpravidla po ukončení nočního provozu), tak se používá opět normální čas (např. 4:31:00).

Specifikací feedu *PID_GTFS* je to, že u vlakových linek jsou na trase obsaženy též body, kterými vlaky projíždějí (z důvodu upřesnění trasy). Body jsou rozlišeny za pomoci *pickup_type* a *drop_off_type* dle standardní specifikace GTFS. Pole *shape_dist_traveled* má v každém případě i svůj protějšek v *shapes.txt*, aby bylo možné snadným způsobem dělit trasu na mezizastávkové úseky.

1.4.7 Calendar

Kalendář zahrnuje termíny služby zadané pomocí týdenního plánu s termíny zahájení a ukončení linky. Tento soubor je vyžadován, pokud nejsou všechny termíny služby definovány v *calendar_dates.txt*.

Tab. 11: Parametry atributu stop times

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
service_id	ID	Ano	✓	Řetězcová identifikace jedniček a nul, která pro každý den v týdnu udávají, kdy spoj jede.
monday	Výčet	Ano	✓	Určuje, zda je nebo není služba v provozu. 1 – služba je k dispozici pro každý tento den ve stanovenou dobu 0 – služba není k dispozici
tuesday	Výčet	Ano	✓	Funguje stejně, jako pole monday s výjimkou pro tento den.
wednesday	Výčet	Ano	✓	Funguje stejně, jako pole monday s výjimkou pro tento den.
thursday	Výčet	Ano	✓	Funguje stejně, jako pole monday s výjimkou pro tento den.
friday	Výčet	Ano	✓	Funguje stejně, jako pole monday s výjimkou pro tento den.
saturday	Výčet	Ano	✓	Funguje stejně, jako pole monday s výjimkou pro tento den.
sunday	Výčet	Ano	✓	Funguje stejně, jako pole monday s výjimkou pro tento den.
start_date	Datum	Ano	✓	Začátek servisního dne.
end_date	Datum	Ano	✓	Konec servisního dne.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	service_id	monday	tuesday	wednesday	thursday	friday	saturday	sunday	start_date	end_date
2	0000011-1	0	0	0	0	0	1	1	20210502	20210515
3	0000001-1	0	0	0	0	0	0	1	20210502	20210515
4	1111111-1	1	1	1	1	1	1	1	20210502	20210515
5	1111101-1	1	1	1	1	1	0	1	20210502	20210515
6	1111100-1	1	1	1	1	1	0	0	20210502	20210515
7	1111110-1	1	1	1	1	1	1	0	20210502	20210515
8	0000010-1	0	0	0	0	0	1	0	20210502	20210515
9	1111110-2	1	1	1	1	1	1	0	20210510	20210515
10	1111111-2	1	1	1	1	1	1	1	20210502	20210515
11	0000001-2	0	0	0	0	0	0	1	20210502	20210515

Obr. 17: Ukázka části souboru *calendar* z datové sady *PID_GTFS*

V případě *PID_GTFS* je platnost vygenerovaného feedu vždy minimálně 10 dní ode dne vygenerování s tím, že vlaky jsou generovány na celý grafikon. V datové sadě je možné dohledat linky, které operují pouze v rámci pracovních dnů, víkendů. Lze však nalézt i takové, které operují pouze ve speciálně určeném dni, dnech nebo datu.

1.4.8 Calendar dates

Zde jsou uvedeny výjimky pro služby definované v *calendar.txt* (speciální termíny, kdy linka funguje, nebo naopak nefunguje). Pokud je soubor *calendar.txt* vynechán, je vyžadován tento soubor *calendar_dates.txt*, který musí obsahovat všechny termíny služby.

Tab. 12: Parametry atributu *calendar dates*

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
service_id	ID	Ano	✓	Řetězcová identifikace jedniček a nul, která pro každý den v týdnu udává, kdy spoj jede.
date	Datum	Ano	✓	Datum, kdy dojde k výjimce služby.
exception_type	Výčet	Ano	✓	Identifikuje, zda je služba k dispozici k datu uvedenému v poli výše (date). 1 – služba je přidána k uvedenému datu 2 – služba je odebrána k uvedenému datu

	A	B	C
1	service_id	date	exception_type
2	1111111-2	20210503	2
3	1111111-2	20210504	2
4	1111111-2	20210505	2
5	1111111-2	20210506	2
6	1111111-2	20210507	2
7	0000001-2	20210508	1
8	0000001-3	20210503	1
9	0000001-3	20210504	1
10	0000001-3	20210505	1

Obr. 18: Ukázka části souboru calendar z datové sady PID_GTFS

1.4.9 Fare attributes

Zde jsou uvedeny ceny a měny jízdného, které jsou platné v rámci datové sady.

Tab. 13: Parametry atributu fare attributes

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
fare_id	ID	Ano	✓	Třída jízdného
price	Nezáporné číslo	Ano	✓	Cena
currency_type	Kód měny	Ano	✓	Měna
payment_method	Výčet	Ano	✓	Stanovení, kdy se musí jízdné zaplatit. 0 – platba v dopravním prostředku 1 – platba již před nástupem
transfers	Výčet	Ano	✓	Udává počet povolených převodů na tomto tarifu. 0 – převod není povolen 1 – cestující mohou přestupovat 2 – cestující mohou přestupovat dvakrát prázdné – přestupy nejsou omezeny.
agency_id	Odkaz na agency.agency_id	Podmíněně	✗	Identifikace přepravní společnosti nebo agentury za příslušné jízdné.
transfer_duration	Nezáporné celé číslo	Ne	✓	Čas v sekundách, který uvádí dobu platnosti jízdného.

	A	B	C	D	E	F
1	fare_id	price	currency_type	payment_method	transfers	transfer_duration
2	T0	0	CZK	0	0	
3	T24_P_N	24	CZK	1	0	1800
4	T24_P	24	CZK	1	0	1800
5	T32_P	32	CZK	1		5400
6	T24_0_N	24	CZK	1	0	1800
7	T24_0	24	CZK	1		1800
8	T32_0	32	CZK	1		5400
9	T24_B_N	24	CZK	1	0	1800
10	T24_B	24	CZK	1		1800
11	T32_B	32	CZK	1		5400
12	T24_P-0_N	24	CZK	1	0	1800
13	T24_P-0	24	CZK	1		1800
14	T32_P-0	32	CZK	1		5400
15	T24_P-B_N	24	CZK	1	0	1800
16	T24_P-B	24	CZK	1		1800
17	T32_P-B	32	CZK	1		5400
18	T24_0-B_N	24	CZK	1	0	1800
19	T24_0-B	24	CZK	1		1800
20	T32_0-B	32	CZK	1		5400
21	T24_P-0-B_N	24	CZK	1	0	1800
22	T24_P-0-B	24	CZK	1		1800
23	T32_P-0-B	32	CZK	1		5400

Obr. 19: Ukázka části souboru fare attributes z datové sady PID_GTFS

1.4.10 Fare rules

Fare rules definuje systém tarifů a zón. Určuje, jak se ceny ve *fare_attributes.txt* vztahují na itinerář. Poskytovaný soubor od PID obsahuje navíc pole *route_id* pro pole *fare_id* (třída jízdného) „T0“, a to linky „L1716“ a „L1723“.

Tab. 14: Parametry atributu fare rules

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
fare_id	Odkaz na fare_attributes.fare_id	Ano	✓	Třída jízdného.
route_id	Odkaz na routes.route_id	Ne	✗	Jízdné přidružené k trase.
origin_id	Odkaz na stopst.zone_id	Ne	✗	Počáteční (výchozí) zóna.
destination_id	Odkaz na stopst.zone_id	Ne	✗	Cílová zóna.
contains_id	Odkaz na stopst.zone_id	Ne	✓	Zóny, do kterých cestující vstoupí při používání dané třídy jízdného.

	A	B	C
1	fare_id	contains	route_id
2	T0		L1716
3	T0		L1723
4	T24_P_N	P	
5	T24_P	P	
6	T32_P	P	
7	T24_0_N	0	
8	T24_0	0	
9	T32_0	0	
10	T24_B_N	B	

Obr. 20: Ukázka části souboru fare rules z datové sady PID_GTFS

1.4.11 Shapes

Soubor *shapes.txt* reprezentuje skutečné trasy linek.

Tab. 15: Parametry atributu shapes

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
shape_id	ID	Ano	✓	Označuje linku, pro kterou je lomový bod definován.
shape_pt_lat	Zeměpisná šířka	Ano	✓	Zeměpisná šířka lomového bodu.
shape_pt_lon	Zeměpisná délka	Ano	✓	Zeměpisná délka lomového bodu.
shape_pt_sequence	Nezáporné celé číslo	Ano	✓	Identifikátor posloupnosti lomového bodu (pro každou linku zvlášť).
shape_dist_traveled	Nezáporné číslo	Ne	✓	Skutečná vzdálenost ujetá podél tvaru linie od počátku k tomuto bodu.

	A	B	C	D	E
1	shape_id	shape_pt_lat	shape_pt_lon	shape_pt_sequence	shape_dist_traveled
2	L991V1	50.07553	14.51539	1	0.00000
3	L991V1	50.07371	14.51461	2	0.20965
4	L991V1	50.07361	14.51456	3	0.22173
5	L991V1	50.07351	14.51451	4	0.23382
6	L991V1	50.07340	14.51447	5	0.24552
7	L991V1	50.07329	14.51444	6	0.25817
8	L991V1	50.07319	14.51441	7	0.26988
9	L991V1	50.07308	14.51437	8	0.28158
10	L991V1	50.07298	14.51435	9	0.29298
11	L991V1	50.07288	14.51433	10	0.30438

Obr. 21: Ukázka části souboru shapes z datové sady PID_GTFS

1.4.12 Frequencies

Soubor *frequencies.txt* představuje intervaly mezi spoji. Tento volitelný soubor lze využít k reprezentaci dvou rozdílných typů služeb. Tou první je služba frekvenční, kdy není dodržován stanovený jízdní plán po celý den, ale je zachována předem stanovená trasa, po které se vozidla pohybují a vykonávají svou službu. Druhou je služba podle jízdního řádu, která je založená na plánu a má přesně stanovený jízdní řád. Datová sada *PID_GTFS* tento soubor neobsahuje.

Tab. 16: Parametry *frequencies*

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
trip_id	Odkaz na trips.trip_id	Ano	X	Určuje trasu, na kterou se vztahuje vybraná služba.
start_time	Čas	Ano	X	Čas výjezdu prvního vozidla z počáteční zastávky nebo stanice.
end_time	Čas	Ano	X	Čas příjezdu na zastávku nebo stanici, kdy dojde ke změně nebo ukončení služby.
headway_secs	Nezáporné celé číslo	Ano	X	Čas v sekundách mezi odjezdy ze stejné zastávky pro konkrétní trasu.
exact_times	Výčet	Ne	X	Definuje typ služby pro trasu. 0 (nebo prázdné) – frekvenční služba 1 – služba podle jízdního řádu

1.4.13 Transfers

Transfers definuje vztah přestupů mezi zastávkami v přestupních bodech. Těchto vztahů využívají aplikace zejména kvůli sestavování itineráře pro vyhledávání vhodné návaznosti spojů, přestupů a tak dále. Soubor poskytovaný od PID obsahuje navíc dvě pole (*from_trip_id* a *to_trip_id*), a to právě v rámci rozšíření Trip-to-trip transfers, který stanovuje, jaké konkrétní spoje mají na sebe vyčkávat (garantovaný přestup) na zastávce nebo stanici. Garantovaný přestup je

přestupem takovým, kde navazující spoj je povinen vyčkat příjezdu na navazující spoj. Tento přestup je však omezen vyčkávacím limitem, do kdy musí návazný spoj přijet, aby vyčkávání netrvalo příliš dlouhou dobu a nedocházelo tak k významnému narušení jízdního řádu spoje. Vyčkávací limit není v datech uveden.

Tab. 17: Parametry transfers

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
from_stop_id	Odkaz na stops.stop_id	Ano	✓	Stanovení zastávky nebo stanice, kde začíná spojení trasy.
to_stop_id	Odkaz na stops:stop id	Ano	✓	Stanovení zastávky nebo stanice, kde končí spojení trasy.
transfer_type	Výčet	Ano	✓	Typ připojení pro zadané spojení (from stop id, to_stop_id). 0 (nebo prázdné) – doporučený bod přestupu 1 – časový přestupní bod (očekává se, že před odjezdem vozidlo vyčká na příjezd druhého a umožní přestup) 2 – přestup vyžaduje min. čas určený pro přestup (viz min transfer time) 3 – přestup není umožněn
min_transfer_time	Nezáporné celé číslo	Ne	✓	Množství času v sekundách, který je předpokládán pro pohodlný přestup.

	A	B	C	D	E	F
1	from_stop_id	to_stop_id	transfer_type	min_transfer_time	from_trip_id	to_trip_id
20	U689Z101P	U689Z122P	2	240		
21	U689Z122P	U689Z101P	2	240		
22	U689Z102P	U689Z121P	2	240		
23	U689Z121P	U689Z102P	2	240		
24	U689Z102P	U689Z122P	2	240		
25	U689Z122P	U689Z102P	2	240		
26	U28Z1P	U28Z1P	1		221_146_210101	163_134_210101
27	U28Z2P	U28Z2P	1		221_129_210101	163_135_210101
28	U28Z1P	U28Z1P	1		221_148_210101	163_136_210101
29	U28Z2P	U28Z2P	1		221_131_210101	163_137_210101
30	U28Z1P	U28Z1P	1		221_134_210101	163_138_210101
31	U28Z2P	U28Z2P	1		221_117_210101	163_139_210101

Obr. 22: Ukázka části souboru transfers z datové sady PID_GTFS

1.4.14 Pathways

Soubor definuje cesty spojující místa v rámci zastávky/stanice a používá grafickou reprezentaci k popisu uzlů (míst) a hran (chodeb) v metru, na nádraží apod. Pokud má cestující přejít od vchodu (uzel označený jako *location_type* = 2) na nástupiště (*location_type* = 0), tak musí jít po chodníku, projít vstupní bránou, jít po schodech atd. Tuto cestu definují hrany. Pro *pathways* platí následující pravidla. Cesty musí být v rámci stanice konečné a musí být důkladně popsány a zmapovány. Každé nástupiště musí být napojené alespoň na jeden vstup s využitím sítě chodeb definované v rámci *pathways.txt*. Třetím pravidlem je, že nástupiště nesmí mít hrany (cesty), a to z toho důvodu, že nástupiště je definováno jako nadřazený objekt, nikoliv jako bod (uzel). V neposlední řadě by všechny cesty měly směřovat k nástupišti.

Tab. 18: Parametry *pathways*

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
<i>pathway_id</i>	ID	Ano	✓	Identifikace jedinečné cesty.
<i>from_stop_id</i>	Odkaz na <i>stops.stop_id</i>	Ano	✓	Místo, kde začíná cesta (platforma, vchod/východ, uzel...).
<i>to_stop_id</i>	Odkaz na <i>stops.stop_id</i>	Ano	✓	Místo, kde končí cesta (platforma, vchod/východ, uzel...).
<i>pathway_mode</i>	Výčet	Ano	✓	Typ cesty mezi <i>from_stop_id</i> a <i>to_stop_id</i> . 1 – chodník 2 – schody 3 – pohyblivý chodník 4 – eskalátor 5 – výtah 6 – platební brána (začátek placené zóny, označovače)
<i>is_bidirectional</i>	Výčet	Ano	✓	Definuje směr, kterým se cestující mohou pohybovat. 0 – jednosměrná cesta (z <i>from_stop_id</i> do <i>to_stop_id</i>) 1 – obousměrná cesta

length	Nezáporné číslo	Ne		Vodorovná délka cesty v metrech (od from_stop_id do to_stop_id).
traversal_time	Kladné celé číslo	Ne	✓	Potřebný průměrný čas v sekundách pro průchod (od from_stop_id do to_stop_id).
stair_count	Nenulové celé číslo	Ne	✗	Počet schodů v rámci cesty.
max_sloupe	Číslo	Ne	✗	Maximální poměr sklonu cesty. 0 (nebo prázdné) – žádný sklon libovolné číslo – poměr sklonu cesty včetně znaménka (stoupání, klesání)
min_width	Kladné číslo	Ne	✗	Minimální šířka cesty v metrech.
signposted_as	Text	Ne	✓	Řetězec textu složený z fyzického značení („tímto směrem je přestup na linky S“)
reversed_signposted_as	Text	Ne	✓	Obdobné, jako signposted_as s tím rozdílem, když je cesta definována od to_stop_id do from_stop_id.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	OBJECTID	pathway_id	from_stop_id	to_stop_id	pathway_mode	is_bidirectional	traversal_time	signposted_as	reversed_signposted_as	Shape_Length
2	1	U1040P1	U1040N4	U1040N5	1	1		Bus, Motol, Homolka, Strahov, Petřiny, U Waltrovky		37.50794597017181
3	2	U1040P2	U1040N4	U1040N6	1	1		Křížová, Barrandov, Kovářka, Divčí hrady		50.84379235616552
4	3	U1040P3	U1040N4	U1040N7	1	1		Tram, Laurová, radlická, Palackého nám., Výtoň, Ulice Nádražní		74.14762998441702
5	4	U1040P4	U1040N4	U1040N8	1	1		Za Ženskými domovy, Stroupežnického ulice		80.6996672450956
6	5	U1040P5	U1040N4	U1040N9	1	1			Stroupežnického ulice,	27.21882453768023
7	6	U1040P6	U1040S1E1	U1040N9	2	1			Ženské domovy	13.360357032731644
8	7	U1040P7	U1040S1E2	U1040N8	2	1				13.590957716623693

Obr. 23: Ukázka části souboru pathways z datové sady PID_GTFS

Z ukázky je patrné, že soubor pathways datové sady PID_GTFS označuje pole length jako Shape_length. Pokud by tento soubor byl dále využíván, bylo by vhodné toto pole přejmenovat na standardní označení.

1.4.15 Levels

V tomto souboru je popsána vertikální struktura stanice (počet pater). Soubor je většinou užitečný ve spojení s *pathways.txt* (konkrétně *pathway_mode = 5*).

Tab. 19: Parametry levels

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
level_id	ID	Ano	✓	Označení úrovně, na kterou lze odkazovat stops.txt.
level_index	Číslo	Ano	✓	Číselný index úrovně, který označuje relativní polohu ve vztahu k ostatním úrovním (3, 0, -1, -2...)
level_name	Text	Ne	✓	Název úrovně.

	A	B	C
1	level_id	level_index	level_name
2	U321L1	-1	Vestibul
3	U321L2	-2	Nástupiště
4	U321L0	0	Povrch
5	U1072L0	0	Povrch
6	U1072L1	-1	Vestibul
7	U1072L2	-2	Nástupiště A
8	U1072L3	-3	Přestup
9	U1072L4	-4	Nástupiště B
10	U689L0	0	Povrch

Obr. 24: Ukázka části souboru levels z datové sady PID_GTFS

1.4.16 Translations

Existují místa, kde se vyskytuje více úředních jazyků. Pro pohodlí všech, zejména cestujících je užitečné, pokud v takovém případě datová sada obsahuje všechny další užívané úřední jazyky. Datová sada *PID_GTFS* tento soubor neobsahuje.

Tab. 20: Parametry translations

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
table_name	Výčet	Ano	X	Definuje tabulku, která obsahuje pole překladu.
field_name	Text	Ano	X	Název požadovaného pole, které má být přeloženo.
language	Kód jazyka	Ano	X	Jazyk překladu.
translation	Text nebo URL nebo kontakt	Ano	X	Překlad.
record_id	ID	Podmíněně	X	Definice záznamu v atributu, který odpovídá poli, které má být přeloženo.
record_sub_id	ID	Podmíněně	X	Obsahuje pole k překladu, které pomáhá záznamu, pokud nemá tabulka jedinečné ID.
field_value	Text nebo URL nebo kontakt	Podmíněně	X	Místo, který záznam má být přeložen.

1.4.17 Feed info

Soubor poskytuje informace o datové sadě (např. vydavatel, verze, platnost...).

Tab. 21: Parametry feed info

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
feed_publisher_name	Text	Ano	✓	Celé jméno organizace, která publikuje datovou sadu.
feed_publisher_url	URL	Ano	✓	URL adresa webových stránek publikující organizace.
feed_lang	Kód jazyka	Ano	✓	Výchozí jazyk datové sady.
default_lang	Kód jazyka	Ne	✗	Definice jazyka, který by měl být užíván.
feed_start_date	Datum	Ne	✓	Termín, od kdy mají data platnost.
feed_end_date	Datum	Ne	✓	Termín, do kdy mají data platnost.
feed_version	Text	Ne	✗	Aktuální verze feedu
feed_contact_email	E-mail	Ne	✓	E-mailová adresa pro možnost kontaktování.
feed_contact_url	URL	Ne	✗	URL adresa webových stránek pro získání informací kvůli možnosti kontaktování.

	A	B	C	D	E	F
1	feed_publisher_name	feed_publisher_url	feed_lang	feed_start_date	feed_end_date	feed_contact_email
2	ROPID	https://pid.cz	cs	20210502	20210515	opendata@pid.cz

Obr. 25: Ukázka části souboru feed info z datové sady PID_GTFS

1.4.18 Attributions

Soubor *attributions.txt* obsahuje informace o jednotlivých přispěvatelích datové sady (např. vydavatel, verze, platnost...). Datová sada *PID_GTFS* tento soubor nezahrnuje.

Tab. 22: Parametry *attributions*

Název pole	Typ	Povinnost	PID	Popis pole
attribution_id	ID	Ne	✗	Identifikace přiřazení datové sady nebo její podmnožiny.
agency_id	Odkaz na agency.agency_id	Ne	✗	Agentura, na kterou je vztahováno přiřazení.
route_id	Odkaz na routes.route_id	Ne	✗	Trasa, na kterou je vztahováno přiřazení.
trip_id	Odkaz na trips.trip_id	Ne	✗	Spoj, na který je vztahováno přiřazení.
organization_name	Text	Ano	✗	Název organizace, na kterou je datová sada přiřazena.
is_producer	Výčet	Ne	✗	Informace o tom, zda je organizace tvůrcem datové sady. 0 – není 1 – je
is_operator	Výčet	Ne	✗	Obdobně jako is_producer s rozdílem, že se jedná o operátora.
is_authority	Výčet	Ne	✗	Obdobně jako is_producer s rozdílem, že se jedná o oprávnění.
attribution_url	URL	Ne	✗	URL adresa webové stránky organizace.
attribution_email	E-mail	Ne	✗	E-mail organizace.
attribution_phone	Telefonní číslo	Ne	✗	Telefonní číslo organizace.

1.4.19 Route sub agencies (rozšíření od PID)

Tento soubor je v datové sadě *PID_GTFS* poskytován navíc a nejedná se o standardní soubor specifikace GTFS Static Overview. V tomto souboru lze nalézt čísla všech linek, jejich licencovaná čísla, číselné označení a název přepravní společnosti, která je subdodavatelem a provozovatelem konkrétní linky. Pole *route_id* je ID linky z *routes.txt*. Pole *route_licence_number* je číslo linky v celostátním informačním systému (CIS) ČR. Pole *sub_agency_id* je interní ID dopravce a *sub_agency_name* je jméno dopravce, který provozuje konkrétní linku. V případě, že se na provozu jedné linky podílí více dopravců, obsahuje soubor více záznamů se shodným *route_id*.

	A	B	C	D
1	route_id	route_licence_number	sub_agency_id	sub_agency_name
2	L991	199991	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
3	L992	199992	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
4	L993	199993	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
5	L1	199001	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
6	L2	199002	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
7	L3	199003	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
8	L4	199004	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
9	L5	199005	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
10	L6	199006	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
11	L7	199007	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
12	L8	199008	1	Dopravní- podnik hl. m. Prahy, akciová společnost

Obr. 26: Ukázka části souboru *route sub agencies* z datové sady *PID_GTFS*

2 Praktická část

V této kapitole je uveden postup zpracování a vytvoření multimodální sítě pro program ArcGIS Pro verze 2.5.0. V praktické části se zabývám ověřením správnosti vstupních dat pro užívané nástroje a taktéž uvádím, jak užívané nástroje a vytvořené modely fungují. V případě potřeby jsou data upravována. Postup zpracování vychází z tutoriálu Network Analyst od společnosti Esri pro program ArcGIS Pro [8].

2.1 Stažení dat

Ze serveru *opendata* hlavního města Prahy [21] byla stažena aktuálně platná datová sada *PID_GTFS*. V případě, že bych ji chtěl stáhnout z jiného serveru, eventuálně bych chtěl získat starší publikované verze, mohl bych tak učinit po dohledání na webové stránce *transitfeeds* [22].

Kromě stažení jízdních řádů bylo zapotřebí stáhnout i uliční síť, po které se mohou pohybovat chodci. Na přání IPR Praha byla stažena jejich datová sada pro území hlavního města [23]. Výhodou této datové sady je fakt, že je řádně připravena a upravena pro účely síťové analýzy. Naopak její nevýhodou je, že pokrývá pouze území hlavního města a Středočeský kraj nezahrnuje. V konečném důsledku bude možné provádět síťové analýzy na území Prahy s vědomím toho, že na okrajích města může docházet k nepřesnostem. Ty se projeví v rámci modelování a výpočtů, vlivem ořezu dat a absencí některých vazeb cest na periferiích města.

Jako alternativa se nabízí stáhnout uliční síť ze serveru společnosti geofabrik [24] (*Subregion: Europe => Subregion: Czech Republic => czech-republic-latest-free.shp.zip*), kde by bylo možné vytvořit druhý síťový dataset. Ten by umožňoval provádět síťovou analýzu v rámci celého systému PID. Je nutné mít na paměti, že data z OpenStreetMap nejsou dokonalá a ani bezchybná. Pro účely síťové analýzy pohybu chodců s využitím jízdních řádů by byl však tento dataset dostatečný.

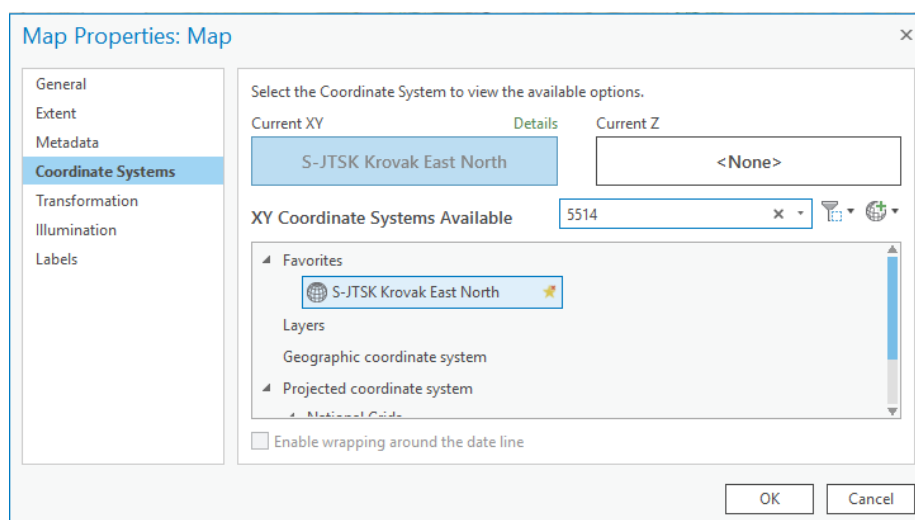
V následujících kapitolách bude pouze nastíněn postup, jaké kroky by bylo žádoucí vykonat.

2.2 Spuštění a nastavení programu ArcGIS Pro

Po spuštění programu bylo zapotřebí se přihlásit pod svým uživatelským účtem. Následně jsem založil nový projekt *GTFS_DP* a nechal jsem zaškrtnutou možnost *Create a new folder for this project*. V rámci nově vytvořeného projektu jsem založil novou složku *Vstupní_data* a nahrál do ní stažené shapefile soubory včetně GTFS dat. V rámci této příležitosti jsem rovnou založil složky *Pracovní_data* a *Výstupní_data*, které později využiji.

2.3 Nastavení souřadnicového systému

V levém sloupci jsem klikl pravým tlačítkem myši na *Map* (umístěn hned pod názvem *Drawing Order*) a vybral jsem poslední možnost *Properties* => *Coordinate Systems* a do *XY Coordinate Systems Available* jsem napsal název/EPSS kód požadovaného zobrazení (v mém případě jsem si zvolil kód EPSG = 5514, název *S-JTSK Krovak East North*) a potvrdil pomocí *OK*.

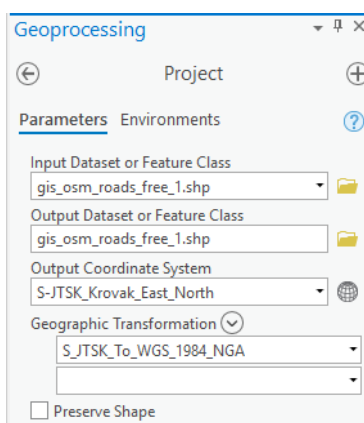


Obr. 27: Okno *Map Properties* s nastaveným souřadnicovým systémem

2.4 Transformace dat

Pro účely správného modelování a výpočtu je nutné sjednotit shapefile soubory do stejného souřadnicového systému, jako byl stanoven v předchozím kroku.

Pěší trasy od IPR Praha (*DOP_PesiTrasy_1*) byly již v požadovaném souřadnicovém systému. V případě, že by byl vytvářen síťový dataset z vrstvy *gis_osm_roads_free_1.shp*, bylo by zapotřebí tuto vrstvu transformovat. V prvním kroku by bylo nutné otevřít Geoprocessing, a to přes *Analysis => Tools (Geoprocessing)*. V Geoprocessing vyhledat nástroj pro transformaci, který se jmenuje *Project*. Vstupním souborem by byl *gis_osm_roads_free_1.shp* a výstupní transformovaný soubor se stejným názvem by byl uložen do nově vytvořené složky *Transformace*, která byla umístěna do složky *Pracovní_data*. Shapefile *DOP_PesiTrasy_1* byl do složky *Transformace* pouze zkopírován.



Obr. 28: Okno Geoprocessing s nástrojem *Project*

2.5 Průzkum datové sady PID_GTFS

Abych mohl použít data GTFS v síťové analýze, bylo zapotřebí je transformovat do modelu veřejné dopravy Network Analyst. Před samotnou transformací bylo nejprve nutné se s daty důkladně seznámit, zjistit jistá specifika a odlišnosti od požadovaného formátu. Na základě toho bylo možné identifikovat potenciální problémy, které jsem mohl odstranit, nebo na ně alespoň upozornit, pro budoucí zpracování někým jiným.

Network Analyst umí řešit úlohy analýzy sítě pomocí vybraného data a času, lze to však i bez. Výhodou atributu data a času je, že pro stejné zadání mohou získat různé výsledky, což by se mi v případě prosté analýzy s absencí data a času nepodařilo. Běžně si mohou vybrat jakýkoliv den a čas v týdnu, nebo i konkrétní datum. V závislosti na konfiguraci dat GTFS je však možné, že volbu obecného dne v týdnu (např. úterý) nebude možné využívat. Jak se ukáže později, datová sada *PID_GTFS* to umožňuje.

2.5.1 Kontrola *stop_times.txt*

V tomto souboru bylo nutné ověřit, zda se nenacházejí prázdné hodnoty u pole *arrival_time* a *departure_time*. Ačkoliv GTFS běžně umožňuje nechat tato pole prázdná, tak datový model veřejné dopravy Network Analyst vyžaduje explicitně časy všech příjezdů a odjezdů. Pokud jsou v polích nějaké prázdné hodnoty, lze je později aproximovat v rámci zpracování, a to užitím nástroje interpolace. Tento konkrétní feed *PID_GTFS*, se kterým pracuji, neobsahuje ani jedno prázdné pole.

2.5.2 Kontrola *calendar.txt* a *calendar_dates.txt*

Zde bylo potřeba zjistit, zda datová sada *PID_GTFS* obsahuje oba soubory, jeden nebo žádný. Soubor *calendar.txt* definuje pravidelný jízdní řád jednotlivých služeb. Oproti tomu *calendar_dates.txt* stanovuje výjimky pro pravidelný jízdní řád, jako jsou například svátky a mimořádně plánované události. Každá datová sada, se kterou je zájem pracovat, musí obsahovat alespoň jeden z těchto dvou souborů, jinak není možné s ní dále zacházet. Poskytovaná datová sada od PID obsahuje oba soubory.

Pokud má datová sada pouze *calendar_dates.txt*, znamená to, že se jedná o datovou sadu, která neposkytuje pravidelné jízdní řády (služby), protože je stanovena pro konkrétní data. V důsledku toho nelze v rámci analýzy v Network Analyst využívat obecné pracovní dny, ale nutné vybírat konkrétní datum. Pokud datová sada obsahuje pouze *calendar.txt*, nebo má oba soubory, je možné provádět analýzy s konkrétním datem i obecným dnem v týdnu.

V souboru *calendar.txt* od PID bylo zapotřebí zjistit minimální a maximální datum v polích *start_date* a *end_date*. V mém případě bylo minimální datum 12. 12. 2020 a maximální datum 1. 7. 2021 pro pole *start_date*. U pole *end_date* bylo minimální datum 2. 5. 2021 a maximální datum 11. 12. 2021. Takto velké termínové rozpětí je způsobeno vlakovým grafikonem. Poskytovatel feedu PID na svém webu uvádí, že data jsou generována na 10 dní dopředu ode dne vydání. Z tohoto důvodu je relevantní v tomto případě provádět analýzy v rámci časového období od 2. 5. 2021 do 12. 5. 2021. Je taktéž zapotřebí mít na paměti, že i v tomto období může docházet k ukončování, nebo zahajování provozu linek a jejich samotných služeb, které budou mít vliv na výsledky analýzy.

Z tohoto důvodu bych doporučil pro možnosti kvalitnější (stabilnější) analýzy pracovat s daty, která nejsou zatížena prázdninovým provozem, mimořádnými opatřeními atd.

Může také nastat situace, kdy se poskytovaná data termínově vůbec, nebo z části nepřekrývají. K tomuto jevu může dojít, pokud byla data od vícero společností sloučena do jednoho souboru. Důvodů může být však vícero. Pokud existují nějaká nepřekrývající se období, je nutné provádět analýzu pouze v rámci konkrétních dat a nevyužívat obecné dny, protože by docházelo ke zkresleným a chybným výpočtům.

2.6 Příprava Network Datasetu

Po průzkumu a kontrole výše uvedených souborů bylo potřeba provést převod GTFS dat za pomoci dostupných nástrojů v ArcGIS Pro. Samotnému převodu předcházelo upravení pěší sítě tak, aby obsahovala potřebné atributy pro budoucí modelování. Abych si editaci dat zpříjemnil, vytvořil jsem pro ni několik modelů. Ty mohou být využity pro budoucí opětovné sestavení datasetu a měly by tak pomoci usnadnit práci.

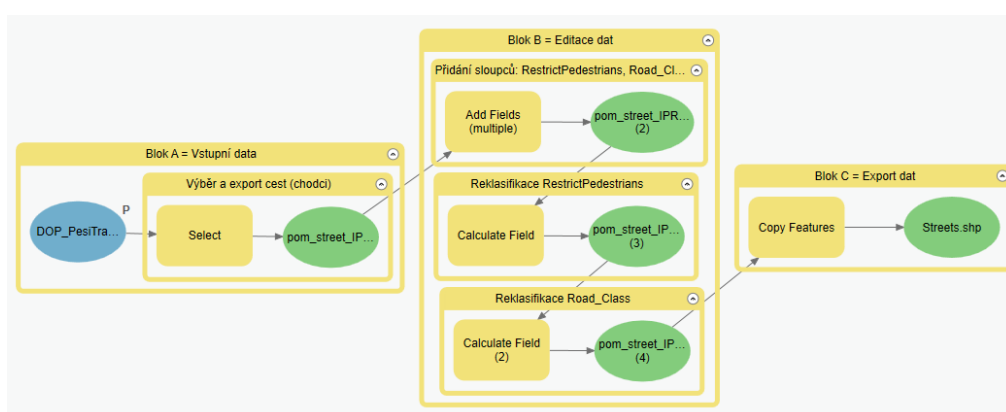
V následujících kapitolách se zabývám vysvětlením, jak jednotlivé modely fungují, co je zapotřebí pro jejich spuštění nastavit a co bylo zapotřebí v rámci modelu upravovat. Rovněž se věnuji použitým nástrojům.

2.6.1 Editace vrstvy pěší trasy IPR (Model 1 Cesty IPR)

Nejprve jsem vytvořil složku *Cesty_pro_Network_Dataset* v nadřazené složce *Pracovní_data* a do nově vytvořené složky uložil model výstupní shapefile soubory.

Vstupním parametrem prvního modelu pojmenovaným jako *1 Cesty IPR* je vrstva *DOP_PesiTrasy_l.shp* a výstupním parametrem je vrstva *Streets*. Model je rozdělen do tří skupin značenými *Blok A*, *Blok B* a *Blok C*. Tyto skupiny jsou dále rozděleny do podskupin a mají svůj vlastní název, který charakterizuje právě prováděný proces v modelu.

Vrstva *DOP_PesiTrasy_l.shp* zahrnuje všechny cesty, po kterých se mohou pohybovat chodci. Cesty pokrývají celé území hlavního města. Shapefile soubor obsahuje pole vrstva, které definuje, zda se jedná o cestu vedenou v úrovni, mimo úroveň atd.. Těto vlastnosti bude později využito v rámci sestavování pravidel konektivity sítě, protože vrstva je záměrně topologicky upravena pro tyto účely.

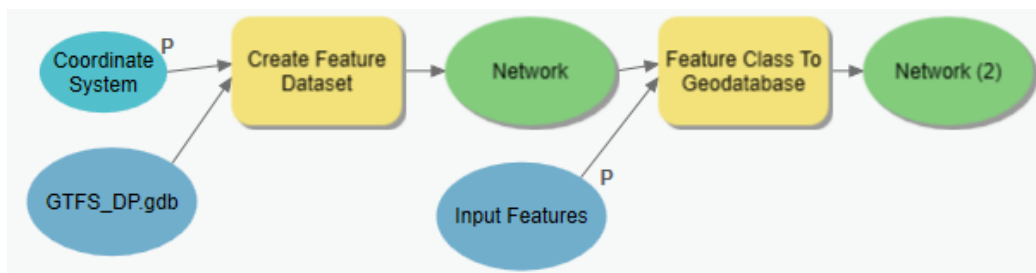


Obr. 29: Model 1 Cesty IPR

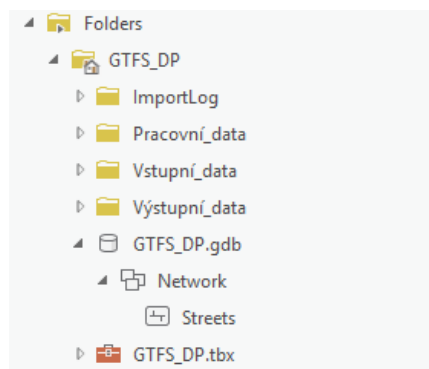
Blok A vybírá pomocí funkce *Select* všechny atributy cesty, protože tento shapefile zahrnuje pouze takové cesty, po kterých se mohou chodci volně pohybovat. V *Bloku B* přidává model dvě pole (*RestrictPedestrians*, *Road_Class*). První pole reklasifikuje u všech atributů hodnotu „N“, která značí, že cesty nejsou pro chodce omezeny a mohou se tak volně pohybovat po cestě (hraně). Pokud by byly některé cesty omezeny, bylo by nutné k těmto atributům přiřadit hodnotu „Y“, aby síťový dataset mohl provádět správné modelování. Model reklasifikuje u druhého pole hodnoty tříd cest. Pro pokročilé analýzy v rámci navigace je tento údaj velmi praktický, protože napomáhá k snadnějšímu zorientování se a zpřesnění pokynů. Navigace na základě hodnoty *Road_Class* je schopna sdělit, že je zapotřebí na místní komunikaci odbočit vlevo/vpravo (hodnota 1), poté jet veřejnou dopravou (hodnota 64), dále například v rámci přestupu využít výtah (hodnota 14) a tak podobně. V mé situaci jsem všem cestám přiřadil hodnotu 1, protože se v drtivé většině případů chodci pohybují po ulici. *Blok C* provede export upravené cesty.

2.6.2 Vytvoření feature dataset (Model 2 Feature Dataset)

Do již předdefinované databáze *GTFS_DP.gdb* vytvoří model pomocí nástroje *Create Feature Dataset* nový dataset *Network*. Do tohoto datasetu model dále importuje pomocí nástroje *Feature Class To Geodatabase* výstupní vrstvu předchozího modelu *Streets*.



Obr. 30: Model 2 Feature Dataset



Obr. 31: Stav adresáře po spuštění modelu 2 Feature Dataset

2.6.3 Převod GTFS do geodatabáze (Model 3 GTFS_2_GDB)

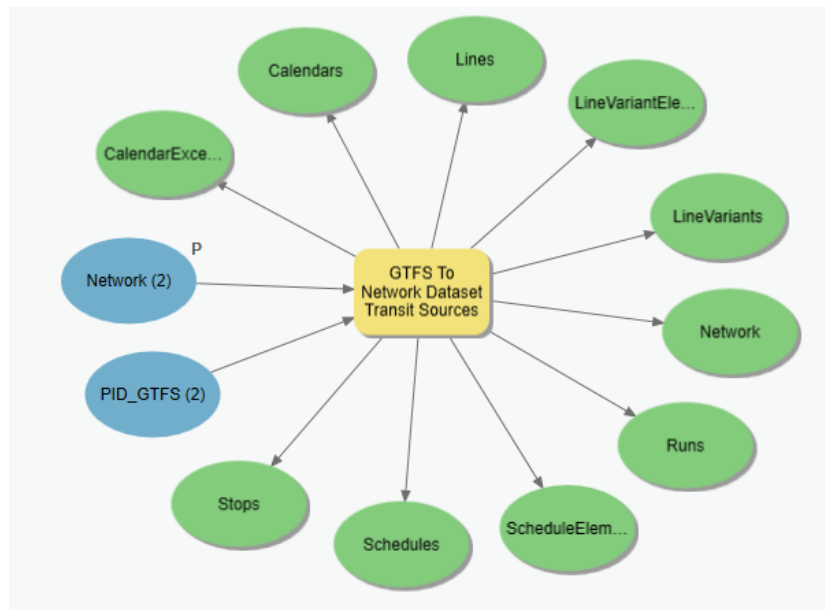
V tomto kroku bylo nutné transformovat datovou sadu *PID_GTFS* do geodatabáze v ArcGIS Pro. Pro tento krok byl užit nástroj *GTFS To Network Dataset Transit Sources*. Nástroj umí převést jednu i více datových sad na jednu sadu. Výstupní feature classes a tabulky představují jednotlivé zastávky, přímé spojnice zastávek podle tras linek, jízdní řády atd. To vše je ve formátu, který je stanovený pro modelování veřejné dopravy v Network Analyst. Nástroj ze zdrojových dat vytvoří přesně tyto feature classes a tabulky: *Stops*, *LineVariantElements*, *Lines*, *LineVariants*, *Runs*, *CalendarExceptions*, *Calendars*, *ScheduleElements*, *Schedules*.

Nástroj před samotným zpracováním provádí určité ověření u vstupní datové sady, aby zjistil, zda se nevyskytují běžné problémy. Pokud dojde k nalezení problému, nástroj vydá varování a přejde ke zpracování další datové sady, pokud je nějaká k dispozici. Do výstupu nástroje jsou vždy zahrnuty takové datové sady, u kterých nebyla nalezena chyba. Po opravě chyb je možné připojit datovou sadu k již existujícímu výstupu pomocí funkce *Append to existing tables*. Každá datová sada, která má být zpracována, musí obsahovat následující zdrojové soubory: *stops.txt*, *routes.txt*, *trips.txt*, *stop_times.txt*, dále *calendar.txt* nebo *calendar_dates.txt*, případně oba. Pokud je k dispozici soubor *frequencies.txt*, dojde i k jeho zpracování.

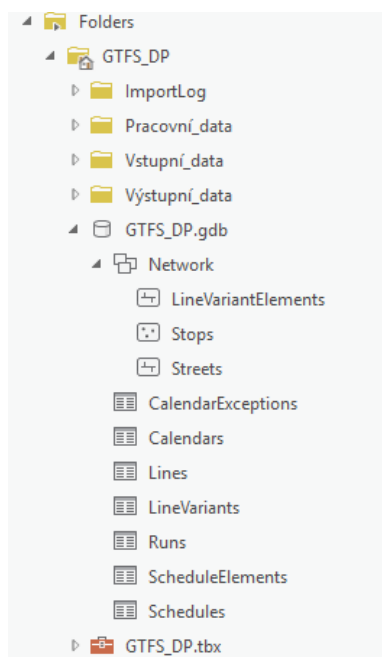
V *stop_times.txt* nesmí být prázdné hodnoty u polí *arrival_time* a *departure_time*. Pokud tomu tak je, tento nástroj nabízí funkci interpolace *Interpolate blank stop times* a je nutné ji využít.

Ze vstupního souboru *stops.txt* určí nástroj polohu zastávek z hodnot polí *stop_lat* a *stop_lon*.

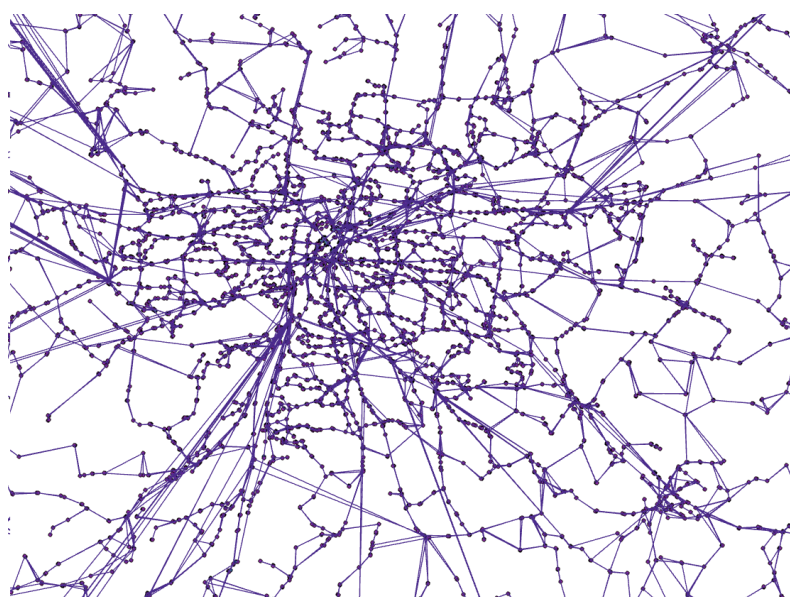
V nově vzniklé vrstvě *LineVariantElements* jsou vytvořené přímky vždy mezi dvojicí zastávek/stanic, které linka spojuje. Je-li více linek, které spojují dvě za sebou jdoucí zastávky/stanice v trase, je vytvořen takový počet spojnic se stejnou geometrií, kolik je linek. Tato vrstva není určena k vizualizaci tras mezi zastávkami, protože neobsahuje reálný geometrický zákres skutečně vedených tras, po kterých se pohybují vozidla. Řešitel pohybu při analýze cestování veřejnou dopravou v datové sadě sítě používá jako zdrojové informace pro cestování údaje z jízdních řádů. Z tohoto důvodu není tvar a délka této vrstvy relevantní.



Obr. 32: Model 3 GTFS_2_GDB



Obr. 33: Stav adresáře po spuštění modelu 3 GTFS_2_GDB



Obr. 34: Zobrazení feature classes LineVariantElements a Stops

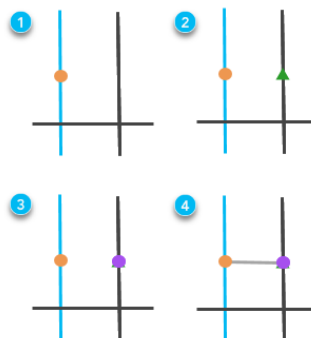
2.6.4 Propojení zastávek s ulicemi (Model 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR)

Pro realistické modelování cestování veřejnou dopravou v síťové analýze je žádoucí umožnit chodcům chodit na zastávky a stanice veřejné dopravy, přesunout se veřejnou dopravou na jiné místo a poté jít opět pěšky dál do svých cílů. Síť by

neměla obsahovat pouze trasy linek a zastávky, ale i propojení zastávek s ulicemi a samotné ulice, čímž vznikne multimodální síť (dále jen síť). Nástroj *Connect Network Dataset Transit Sources To Streets* připojuje zastávky a stanice k ulicím, čímž dojde k propojení veřejné dopravy a volného pohybu chodců po síti. Výstupem jsou dvě vrstvy *StopsOnStreets* a *StopConnectors*, které vyžaduje datový model veřejné dopravy Network Analyst.

Nástroj vytváří kopii vrstvy *Stops* pod názvem *StopsOnStreets*. Kopie je přichycena k ulici, kdy dojde ke změně polohy, se zachováním informací v atributové tabulce, a to v závislosti na zadané vzdálenosti vyhledávání (běžně se volí 100 metrů) a výrazu (lze stanovit, ke kterým liniím se má či nemá připojit například podle typu ulice). V dalším kroku vytvoří nástroj *StopConnectors*, což jsou přímky vytvořené mezi skutečnou polohou každé zastávky/stanice a její přichycenou kopií. Zároveň jsou ulici *Streets* v místech přichycených zastávek/stanic přidány vrcholy, aby tím byla zajištěna dobrá konektivita síťového datasetu.

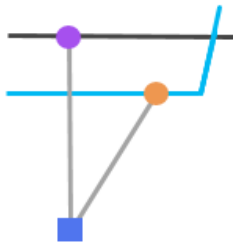
Obrázek [Obr. 35: Příklad připojení zastávky k uliční síti] ilustruje, jak lze spojit zastávky/stanice s ulicí. První část zobrazuje zastávku/stanici (oranžový kruh), kterou prochází trasa linky (modrá linie). Druhá část zobrazuje navíc vrchol (zelený trojúhelník), který je přidán k nejbližší ulici (černá linie). Třetí část zobrazuje již kopii zastávky/stanice *StopsOnStreets* (fialový kruh). Ve čtvrté části je navíc zobrazena spojnice *StopConnectors* (šedá linie), která propojuje zastávku s ulicí.



Obr. 36: Příklad připojení zastávky k uliční síti [25]

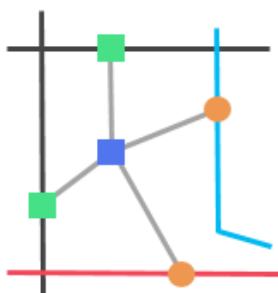
V rámci tohoto procesu může snadno dojít k připojení zastávky/stanice k ulici, ve které se ve skutečnosti nenachází. Na obrázku by takovou ulicí mohla být správná ta, která je vodorovně zakreslená a zároveň vzdálenější než ta svislá. Jediným možným řešením odstranění chyby je ruční editace. V praxi, pokud není zapotřebí provádět vysoce přesné analýzy s přesností na vteřiny a jednotky metrů, se toto zanedbává.

Pokud vrstva *Stops* obsahuje nadřazené stanice (tj. pole *GStopType* = 1), nadřazené zastávky/stanice budou připojeny k ulicím a podřízené k nadřazené. Podřízené zastávky a stanice, které mají své nadřazené nebudou nikdy spojeny přímo s ulicí viz obrázek [Obr. 37: Ukázka vztahu připojení podřízené a nadřazené zastávky k ulici]. Oranžový kruh je podřízená zastávka/stanice, modrý čtverec je nadřazená a fialový kruh je přichycená kopie *StopsOnStreets*.



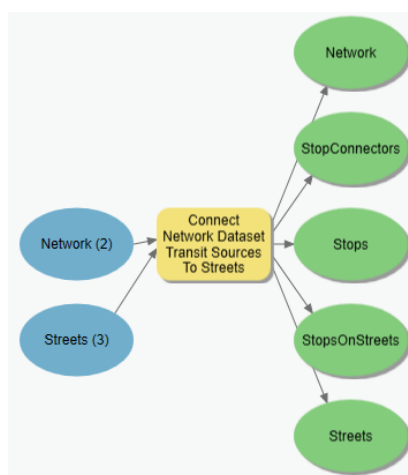
Obr. 38: Ukázka vztahu připojení podřízené a nadřazené zastávky k ulici [26]

Pokud vrstva *Stops* obsahuje vchody do stanic (tj. pole *GStopType* = 2), budou vchody stanic přichyceny k ulicím a nadřazené stanice ke vchodům do stanic. V tomto případě budou vchody stanic shodné s ulicemi, linie *StopConnectors* s hodnotou *GStopType* = 2 budou připojovat nadřazenou stanici k vchodům stanice a linie *StopConnectors* s hodnotou *GStopType* = 1 budou připojovat zastávky k nadřazené stanici. Na obrázku [Obr. 39: Ukázka vztahu připojení podřízených zastávek, nadřazené zastávky a vchodů k ulicím] představují oranžové kruhy podřízené zastávky, modrý čtverec nadřazenou stanici a zelené čtverce vchody do stanice.

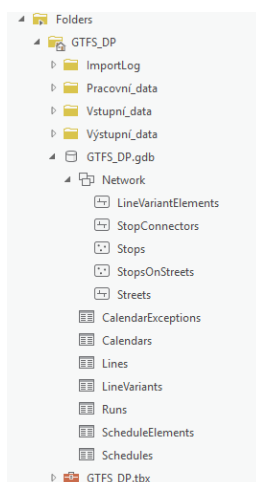


Obr. 40: Ukázka vztahu připojení podřízených zastávek, nadřazené zastávky a vchodů k ulicím [27]

Tipy na jiné způsoby modelování přestupů jsou v práci uvedeny později.



Obr. 41: Model 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR



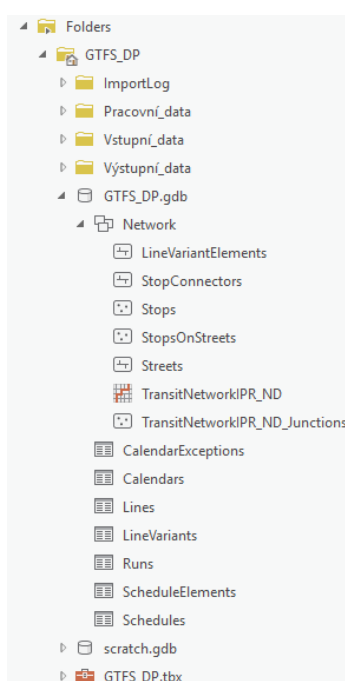
Obr. 42: Stav adresáře po spuštění modelu 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR

2.6.5 Vytvoření síťového datasetu (Model 5 Create ND)

V tomto kroku dochází k vytvoření síťového datasetu a jeho konfiguraci. Model 5 *Create ND* importuje obsah celého feature dataset, kde jsou všechny potřebné vrstvy pro budoucí provádění síťové analýzy.

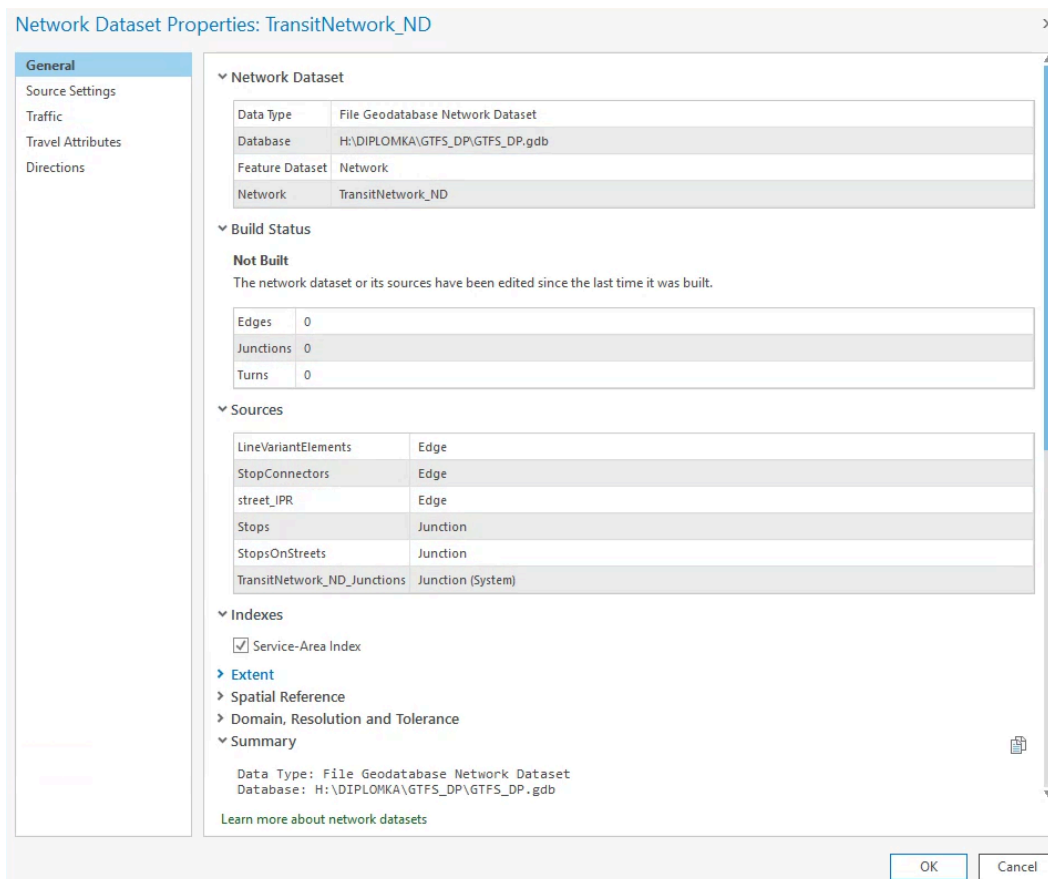


Obr. 43: Model 5 Create ND



Obr. 44: Stav adresáře po spuštění modelu 5 Create ND

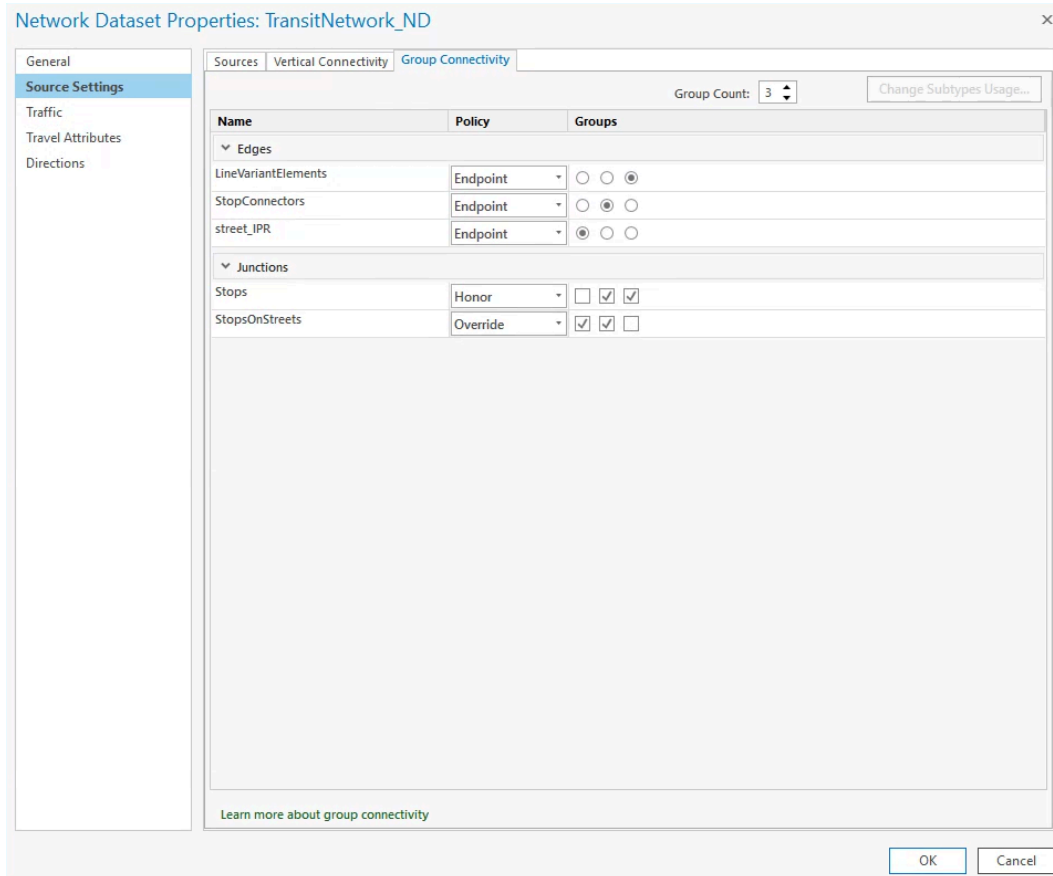
Po vytvoření síťového datasetu je dataset automaticky přidán do levé karty *Contents* a před samotnou konfigurací je zapotřebí ho odstranit pravým kliknutím myši *Remove*. V pravé kartě *Catalog* byl rozbalen adresář *Folders => GTFS_DP => GTFS_DP.gdb => Network => TransitNetworkIPR_ND* a přes pravé tlačítko myši byla zvolena možnost „*Properties*“. Hned na první kartě *General* v sekci *Index* byl zaškrtnut checkbox *Service-Area Index*, který snižuje dobu zpracování výstupních polygonů u funkce *Service Area*.



Obr. 45: Nastavení Service-Area Index

Následně v kartě *Source Settings* v záložce *Group Connectivity* byla nastavena politika konektivity (skupinového připojení). Na obrázku [Obr. 46: Nastavení konektivity] je vidět, že dataset obsahuje tři zdrojové vrstvy hran a dvě zdrojové vrstvy uzlů. Každá vrstva hran je umístěna ve své vlastní skupině, kde zároveň dochází k propojení hran pomocí koncových bodů *Endpoint*. Jak už bylo zmíněno dříve, vrstva *Streets* má správně upravené atributy pro toto nastavení a díky tomu nedochází k chybnému modelování. V momentě, kdy se dvě hrany mimoúrovňově kříží, nedochází k možnosti odbočení na jinou hranu, na kterou by se v reálném světě nedalo dostat. Hrany *LineVariantElements* a *StopConnectors* jsou vždy přímky. Z tohoto důvodu i u nich lze nastavit propojení na *Endpoint* a vše bude fungovat správně. Uzly *Stops* a *StopsOnStreets* propojují jednotlivé skupiny hran. Uzly *Stops* propojují hrany *LineVariantElements* a *StopConnectors* s výchozím nastavením, které dodržuje zásady připojení na konci hrany. Uzly *StopsOnStreets* propojují hrany *StopConnectors* a *Streets*. Vzhledem k tomu, že jsou tyto uzly

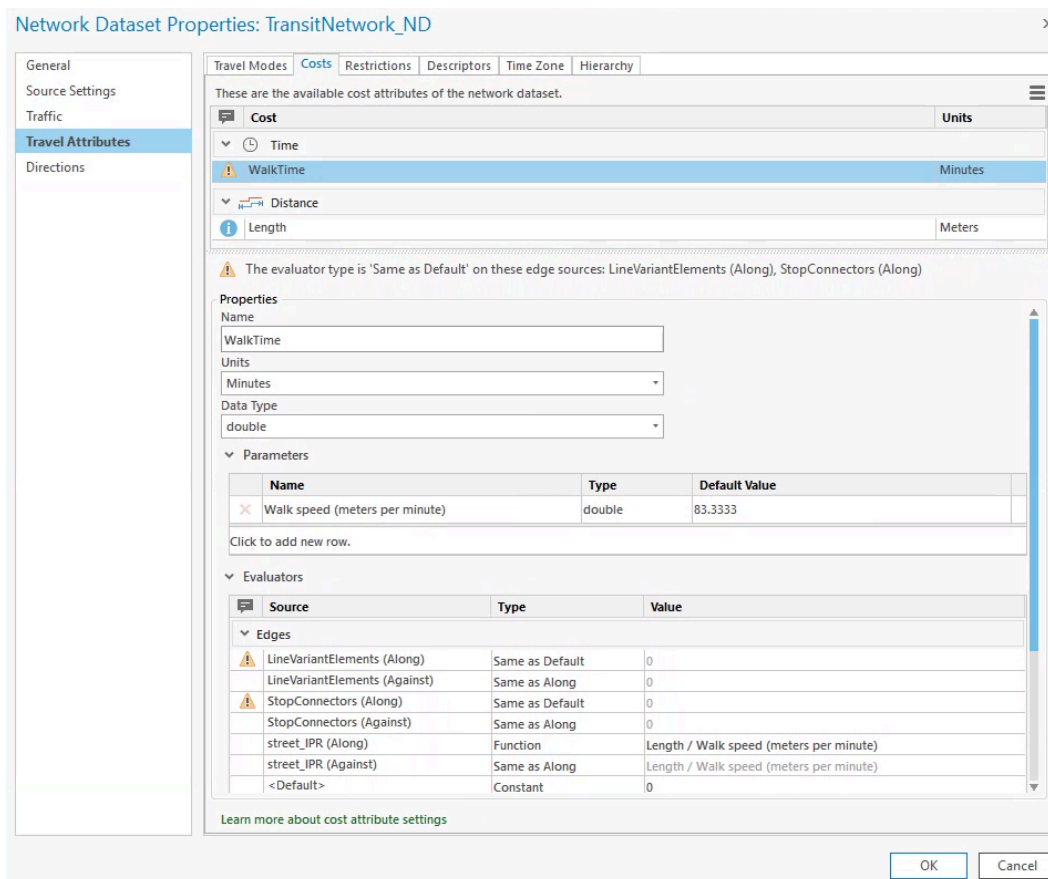
umístěny zpravidla mimo konce hran ulice *Streets*, musí mít nastavenou politiku na *Honor*.



Obr. 47: Nastavení konektivity

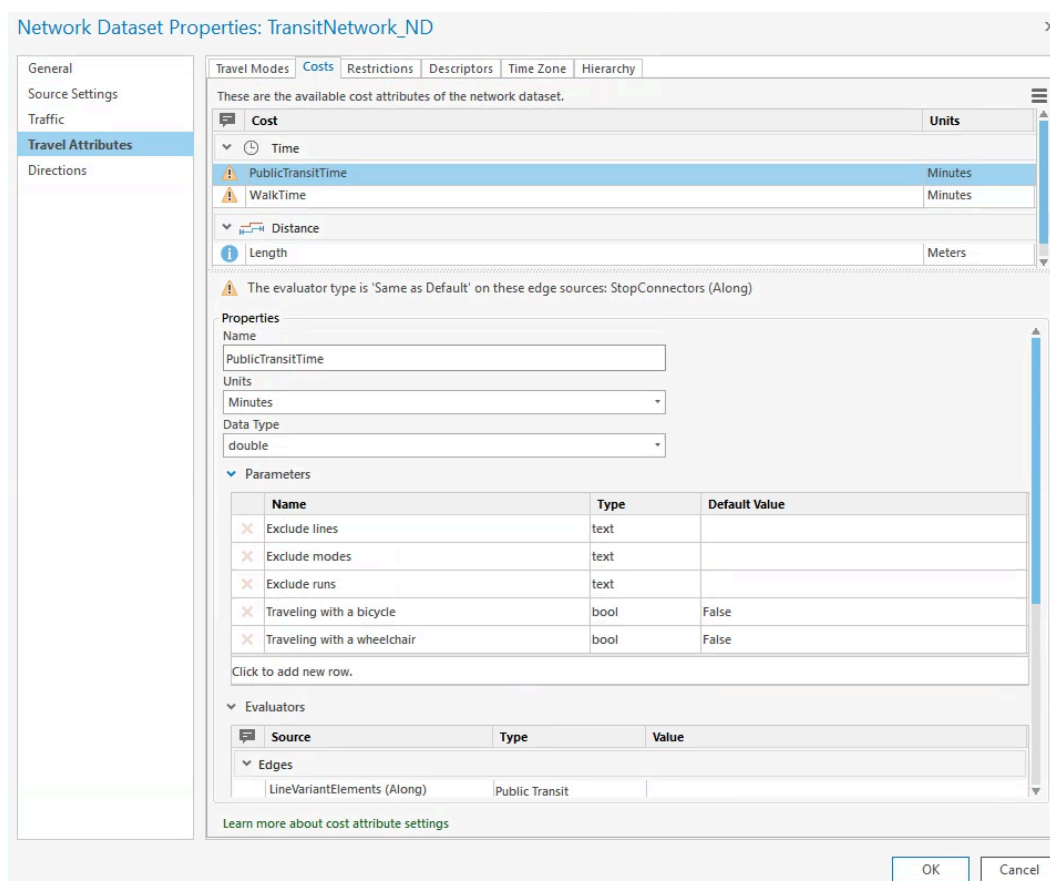
V další kartě *Travel Attributes* v záložce *Costs* byly definovány náklady pro pohyb chodců po ulici *WalkTime* a čas strávený přesunem veřejnou dopravou *PublicTransitTime*. Výchozím nákladem v založeném síťovém datasetu byla vzdálenost v metrech, která čerpá skutečné délky podle pole *Shape*, ve kterém je uvedena délka polygonů odpovídajícím realitě. Pro časový náklad *WalkTime* byl stanoven parametr rychlosti chůze na průměrnou hodnotu 83,3333 metrů za minutu. Pro hodnotile vrstvy *Streets* byla definována funkce *Length / Walk speed (meters per minute)*. V případě potřeby provádění síťové analýzy pro rychlejší/pomalejší chodce stačí obdobným způsobem s rozdílnou rychlostí chůze definovat náklad a poté pro něj vytvořit cestovní režim v záložce *Travel Modes*. Pro ostatní vrstvy byla definována konstanta 0, protože se pohyb chodce neuvažuje. Ve vrstvě *LineVariantElements* se chodec nepohybuje a *StopConnectors* je v realitě

rovna nulové vzdálenosti. Výsledný řešitel analýzy neřeší tedy potřebný čas pro přestup mezi spoji například v rámci nádraží, stanice metra a tak podobně. Do analýzy ovšem započítá délku přímé spojnice *StopConnectors*, která je rovna nulovému času. V případě, že by byl zájem modelovat přestupy, nabízí se několik variant řešení. Jedním z nich je zvolit pevnou konstantu (např. 5 minut pro jakýkoliv přestup). Dále se nabízí možnost pracovat s délkou přímé spojnice a mít tak alespoň nějakou aproximaci přestupu. Pro případ přesnějšího modelování se nabízí možnost přidat pole se skutečnou délkou, která je nutná pro přestup ve vrstvě *StopConnectors*. Další možností by bylo pracovat s obdobnou vrstvou jako je *Streets*, která by obsahovala pouze cesty se skutečnou geometrií v rámci nádraží a stanic s napojením na vchody a tak podobně.



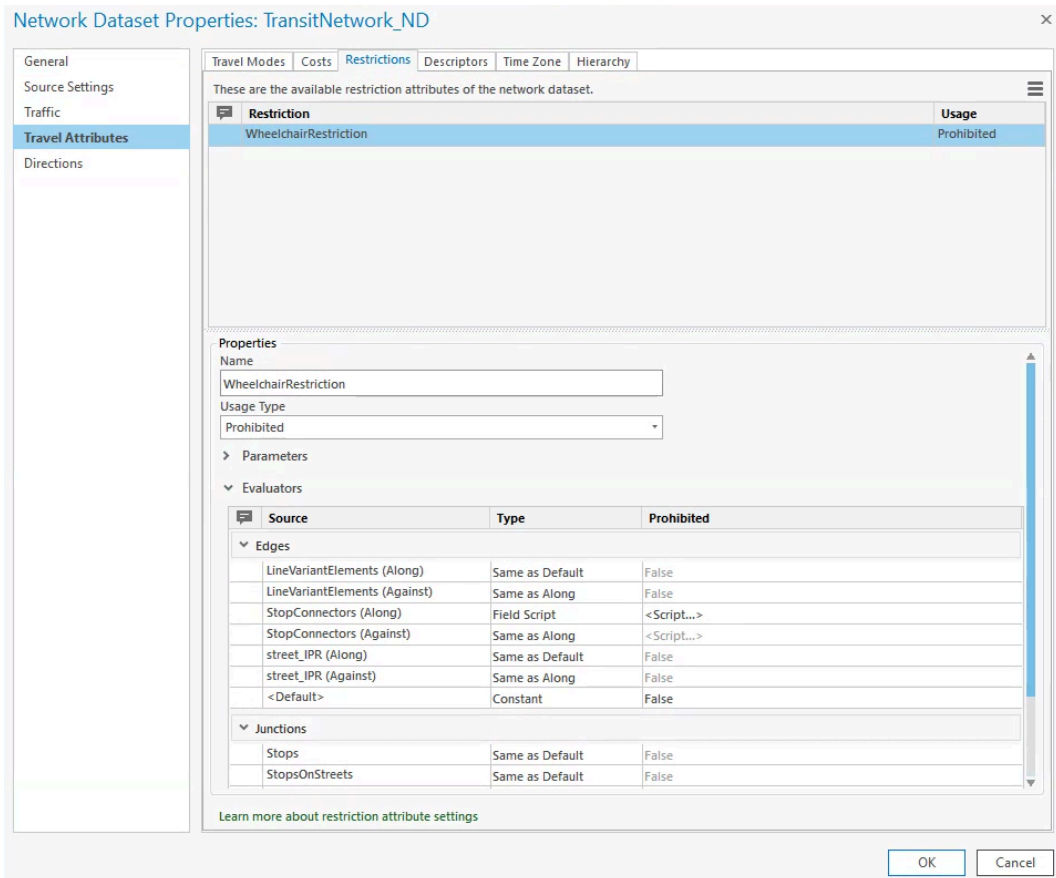
Obr. 48: Nastavení časového nákladu WalkTime

Pro časový náklad *Public TransitTime* byl stanoven parametr *Traveling with a wheelchair*, který je pro analýzu defaultně vypnut. Parametr je zapnut pouze při modelování pohybu cestujícího na invalidním vozíku ve veřejné dopravě. Pro hodnotile vrstvy *Streets* byla definována funkce *WalkTime* * 1. Pro vrstvu *LineVariantElements* byl nastaven typ na *Public Transit* a pro všechny ostatní vrstvy byla definována konstanta 0.

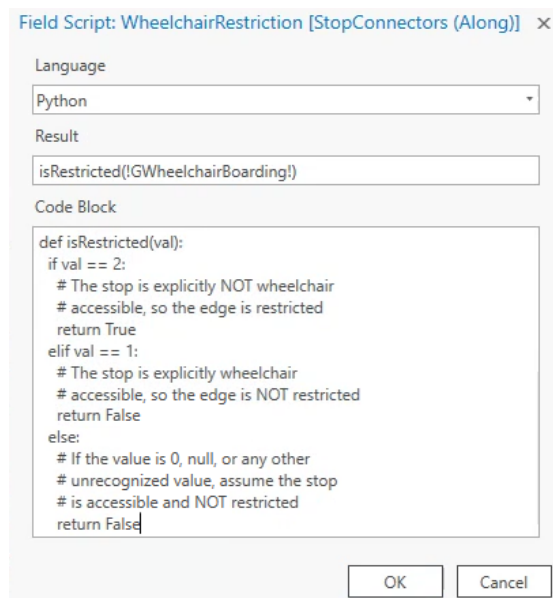


Obr. 49: Nastavení časového nákladu *PublicTransitTime*

V záložce *Restrictions* vzniklo omezení *WheelchairRestriction*, které z vrstvy *StopConnectors* podle python kódu na obrázku níže určuje, zda je možná přeprava cestujícího na invalidním vozíku.

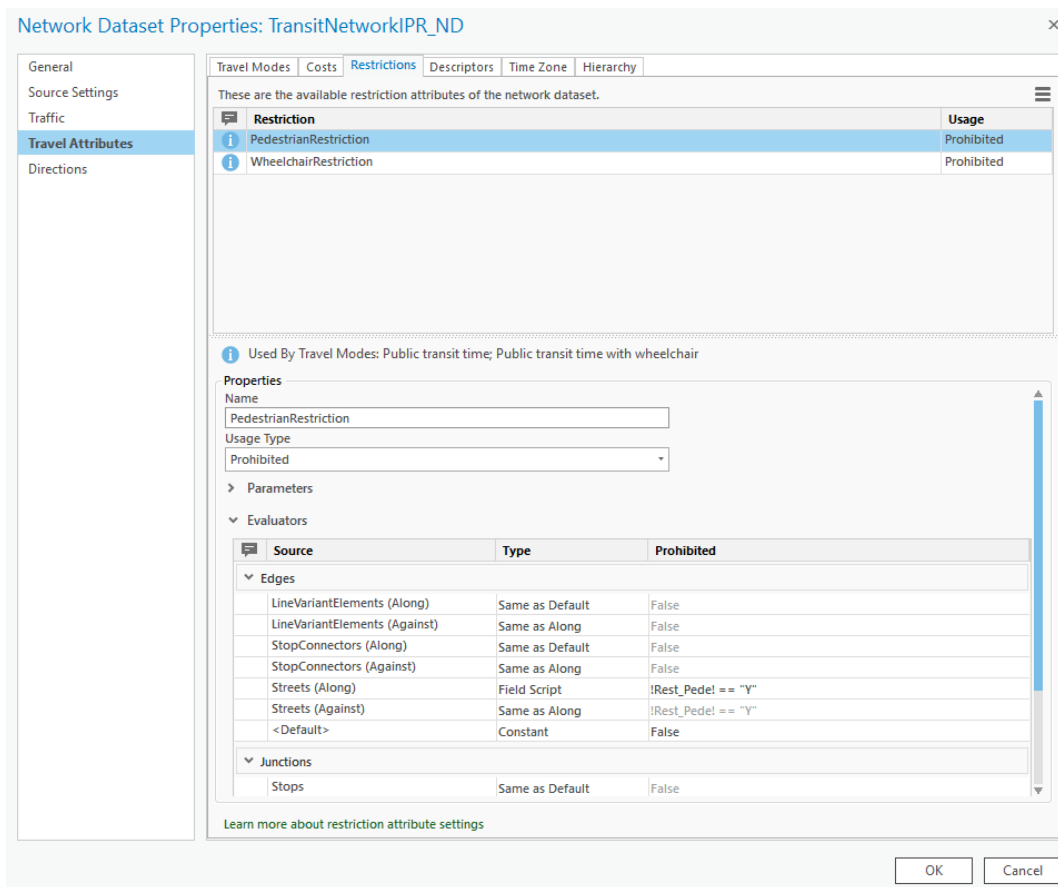


Obr. 50: Nastavení omezení WheelchairRestriction



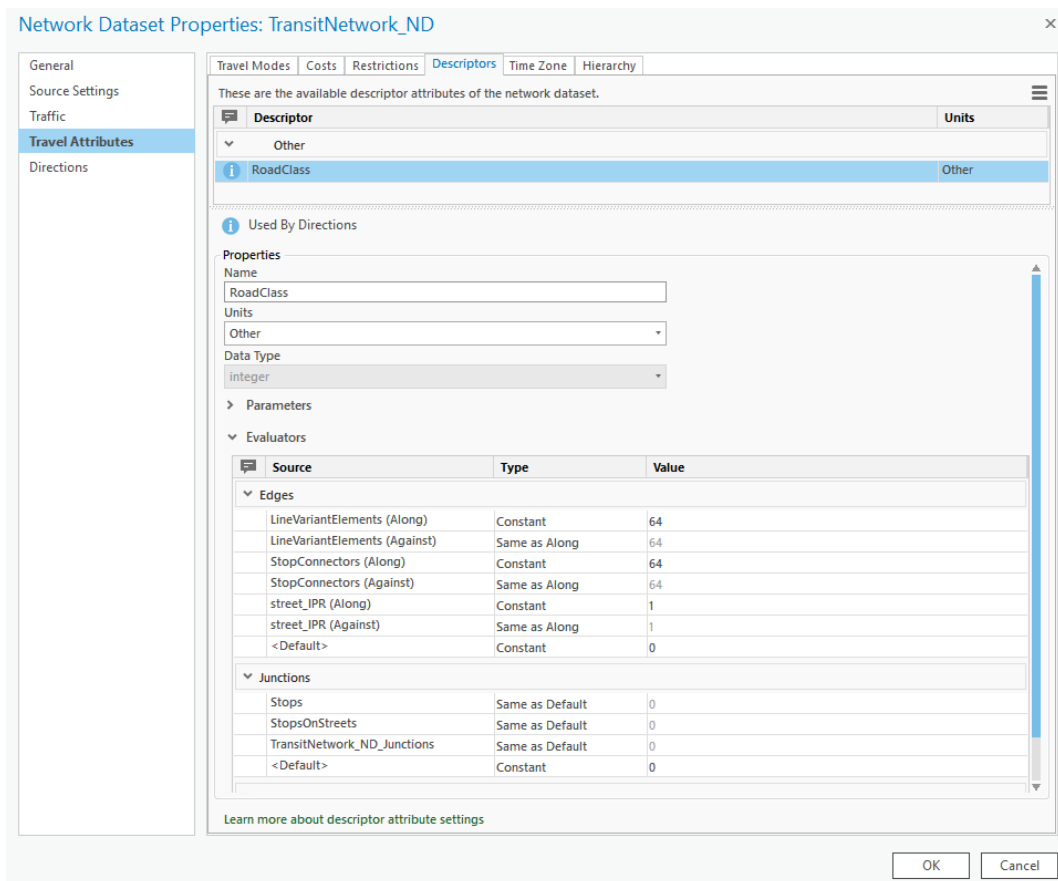
Obr. 51: Python kód ověřující možnost bezbariérového přístupu pro cestujícího na invalidním vozíku

Dále vzniklo druhé omezení *PedestrianRestriction*, které z vrstvy *Streets* určuje, zda se chodec může pohybovat po konkrétní ulici. Toto omezení nemá pro současnou vrstvu *Streets* vliv na analýzu, protože vrstva neobsahuje jediné omezení pohybu po ulici. Toto omezení slouží jako ukázka, jak nastavit případná omezení. V situaci, kdyby vrstva měla pole s hodnotou „Y“, analýza by považovala takovou ulici (hranu) za nepřístupnou.



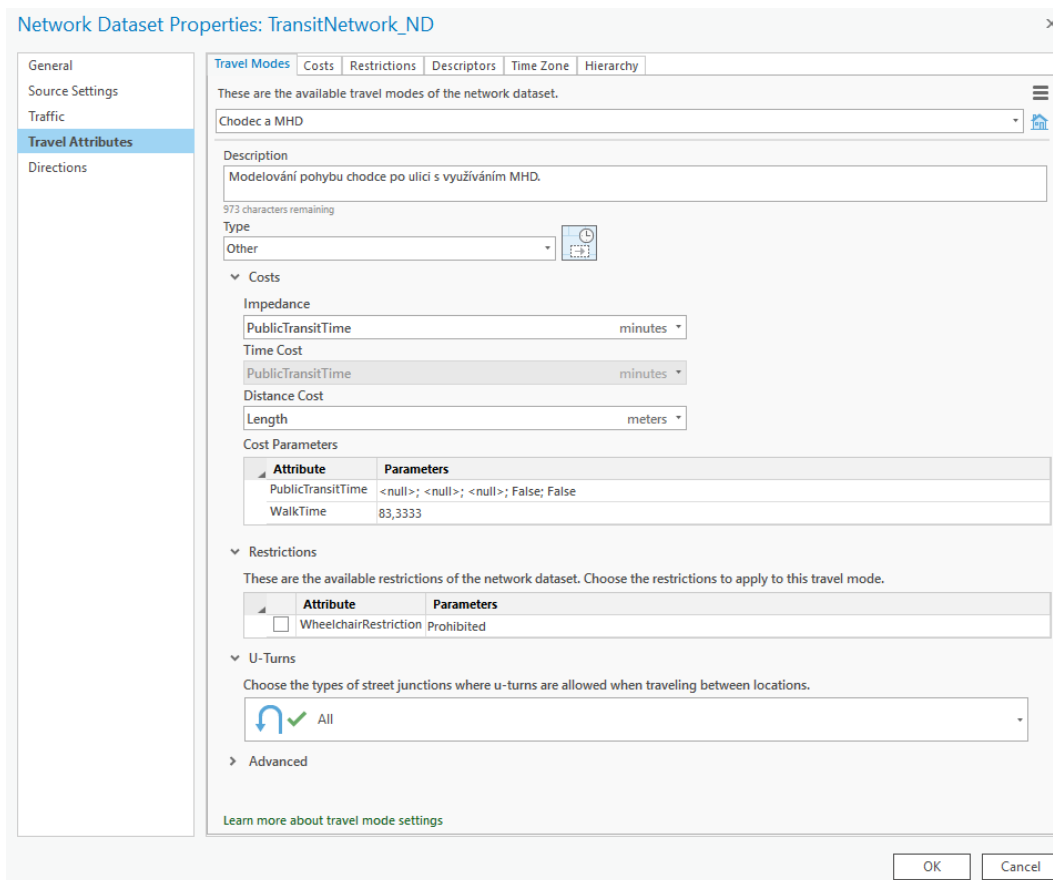
Obr. 52: Nastavení omezení *PedestrianRestriction*

V kartě *Travel Attributes* v záložce *Descriptors* byl definován deskriptor *RoadClass*, který definuje vlastnosti vrstev a jejich atributů. Pro *Streets* je stanovena konstanta 1, která značí místní komunikace a pro *LineVariantElements* a *StopConnectors* 64, které značí veřejnou dopravu. Deskriptory obecně pomáhají vylepšovat analýzu. Typickým deskriptorem pro silniční vrstvu je počet pruhů, max. výška/šířka/hmotnost vozidla.



Obr. 53: Nastavení deskriptoru *RoadClass*

Poslední záložkou v této kartě je *Travel Modes*, kde jsou definovány jednotlivé cestovní režimy. V rámci ukázky jsou sestaveny dva režimy. První režim *Chodec a MHD* slouží pro modelování pohybu chodce po ulici s využitím MHD. Jako impedance je nastaven čas *PublicTransitTime* a nákladem je *Length*. Cenový parametr je vztažen k rychlosti chůze chodce. Restrikcí je omezení pohybu chodce po ulici. V tomto případě není restrikce uplatňována, neboť je pohyb povolen po každé ulici.



Network Dataset Properties: TransitNetwork_ND

General | **Travel Modes** | Costs | Restrictions | Descriptors | Time Zone | Hierarchy

These are the available travel modes of the network dataset.

Chodec a MHD

Description
Modelování pohybu chodce po ulici s využíváním MHD.

973 characters remaining

Type
Other

Costs

Impedance
PublicTransitTime minutes

Time Cost
PublicTransitTime minutes

Distance Cost
Length meters

Cost Parameters

Attribute	Parameters
PublicTransitTime	<null>; <null>; <null>; False; False
WalkTime	83,3333

Restrictions

These are the available restrictions of the network dataset. Choose the restrictions to apply to this travel mode.

Attribute	Parameters
<input type="checkbox"/> WheelchairRestriction	Prohibited

U-Turns

Choose the types of street junctions where u-turns are allowed when traveling between locations.

All

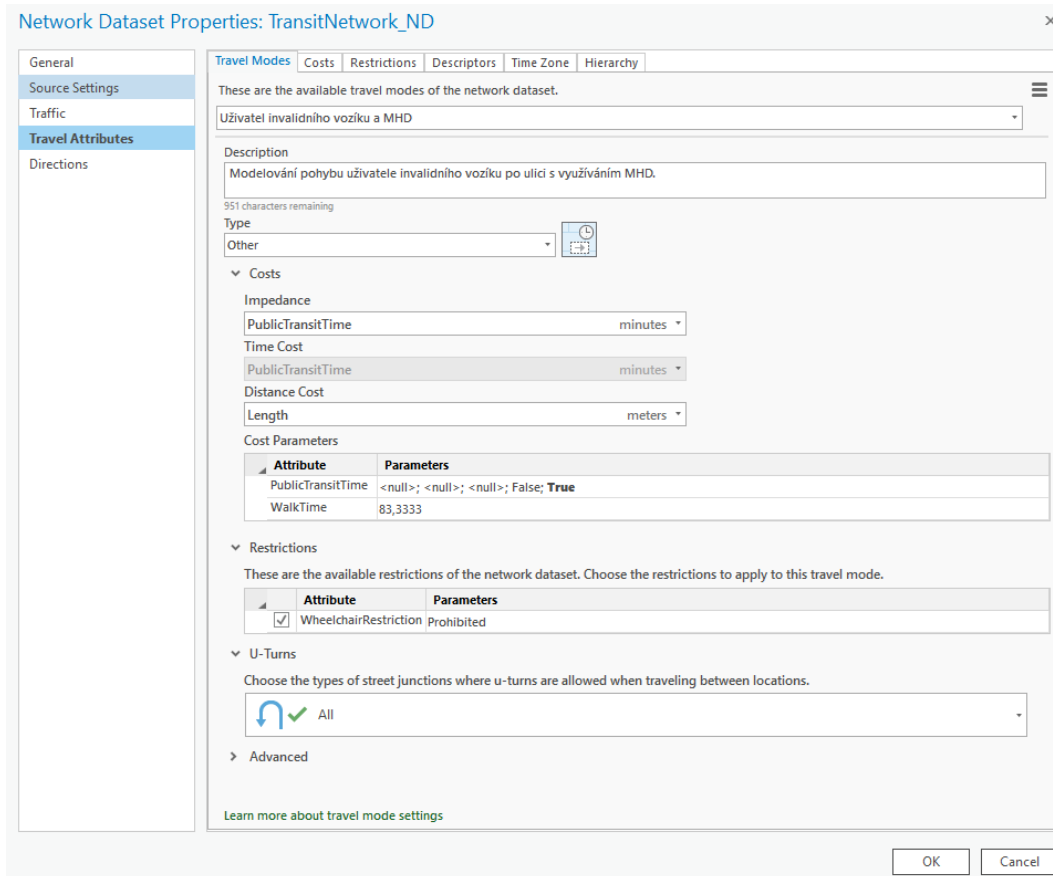
Advanced

[Learn more about travel mode settings](#)

OK Cancel

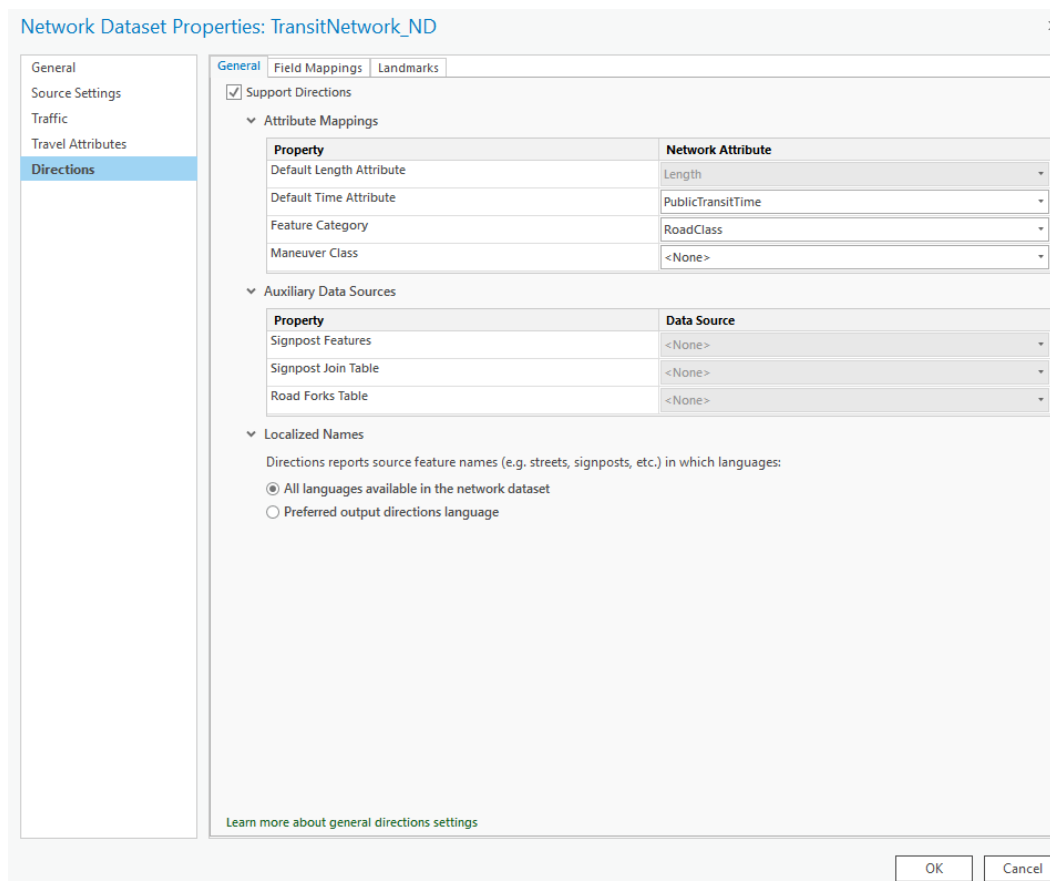
Obr. 54: Nastavení cestovního režimu *Chodec a MHD*

Druhý režim *Uživatel invalidního vozíku* slouží pro modelování pohybu uživatele invalidního vozíku po ulici s využitím MHD, kde je bezbariérový přístup. Vše je nastaveno shodně s prvně uvedeným režimem vyjma cenového parametru *PublicTransitTime*, kde parametr *Traveling with a wheelchair* vyžaduje bezbariérový přístup.



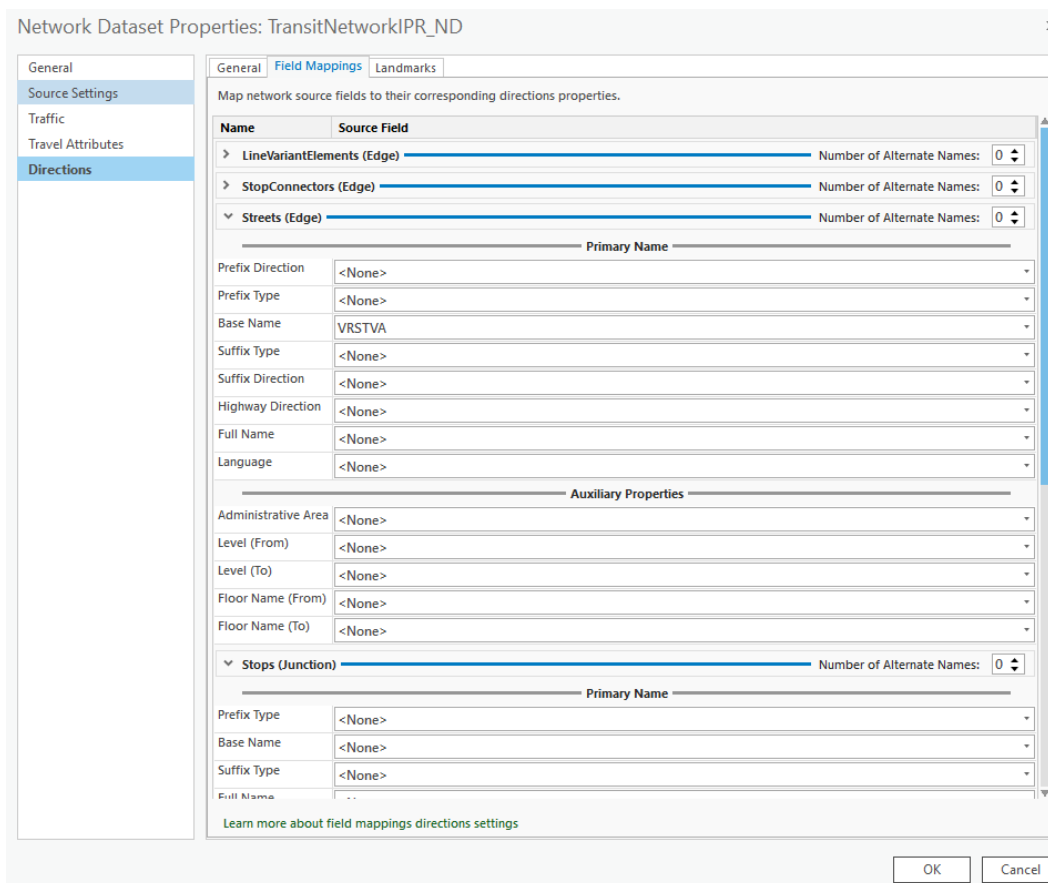
Obr. 55: Nastavení cestovního režimu *Uživatel invalidního vozíku*

V rámci nastavení síťového datasetu zbývá poslední karta *Directions*, kde na záložce *General* bylo zapotřebí zaškrtnout checkbox *Support Directions*. Pro sekci *Attribute Mappings* => *Default Time Attribute* byl nastaven síťový atribut *PublicTransitTime* a pro *Feature Category* atribut *RoadClass*.



Obr. 56: Nastavení atributu directions - general

V záložce *Field Mappings* bylo nastaveno pro vrstvu *Streets* => *Base Name* => *VRSTVA*. V závěrečném kroku bylo nutné celé nastavení potvrdit a zároveň uložit tlačítkem *OK*.



Obr. 57: Nastavení atributu *directions* – *field mappings*

2.6.6 Sestavení síťového datasetu (Model 6 Build Network IPR)

Posledním modelem je *6 Build Network IPR*, který spouští nástroj *Build Network*. Nástroj provede sestavení síťového datasetu na základě předem definovaných parametrů z předchozí kapitoly.

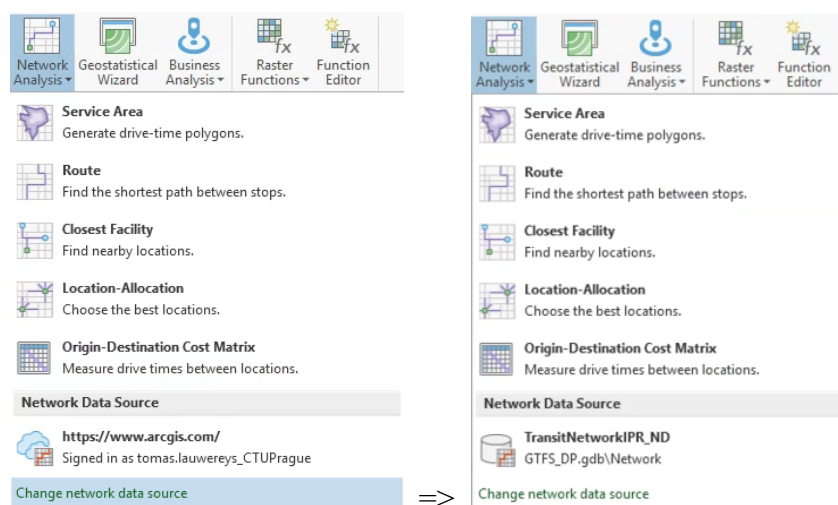


Obr. 58: Model 6 Build Network IPR

Po sestavení datasetu může dojít k chybové hlášce. Nástroj v takovém případě vytvoří textový soubor *BuildErrors.txt*, do kterého vypíše chyby sestavení. Tyto chyby sestavení označují problémy nebo potenciální problémy se síťovým datasetem. Některé z nich mohou být vážné, a proto je potřeba v takovém případě je opravit, aby síťový dataset fungoval správně. Drobné chyby lze ignorovat. Nejčastěji dochází k chybě, která nastala i v tomto případě, kdy jednotlivé atributy vrstvy *StopConnectors* mají prázdnou geometrii. Jeden chybový záznam může vypadat podobně jako *SourceName: StopConnectors, ObjectID: 2179, Geometry is empty*. K této chybě dochází obvykle, pokud *Stops* a *StopsOnStreets* jsou prostorově shodné, protože *StopsOnStreets* se úspěšně nepřichytila k ulici v rámci vyhledávací vzdálenosti. V konečném důsledku tato spojovací přímka mezi *Stops* a *StopsOnStreets* má nulovou délku. Zde došlo až k 7 861 výskytu chyb s touto problematikou, a to z toho důvodu, že se jedná o zastávky a stanice mimo území hlavní město, kde se pěší síť *Streets* nevyskytuje, a tudíž nemohlo dojít k přichycení. Vzhledem k tomu, že tyto chyby nemají vliv na zájmové území, byly dále ignorovány.

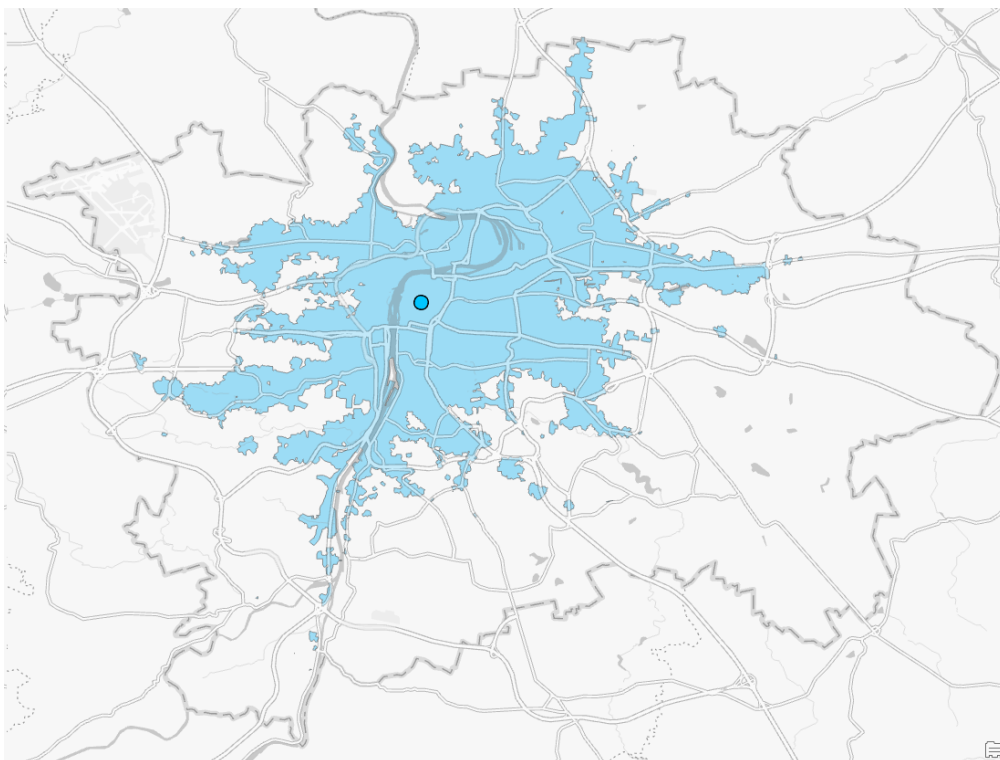
2.7 Servis Area

V této kapitole je uveden příklad, jak lze vytvořený a sestavený síťový dataset využít. Pro ukázkou byl využit řešitel *Service Area*, který umí modelovat dostupnosti. Jako výchozí místo byla zvolena stanice metra Můstek. Řešitel měl za úkol vymodelovat oblast dostupnosti z tohoto výchozího místa do 30 minut v průběhu pátečního pracovního dne 7. 5. 2021 za pomoci pěší chůze a veřejné dopravy.

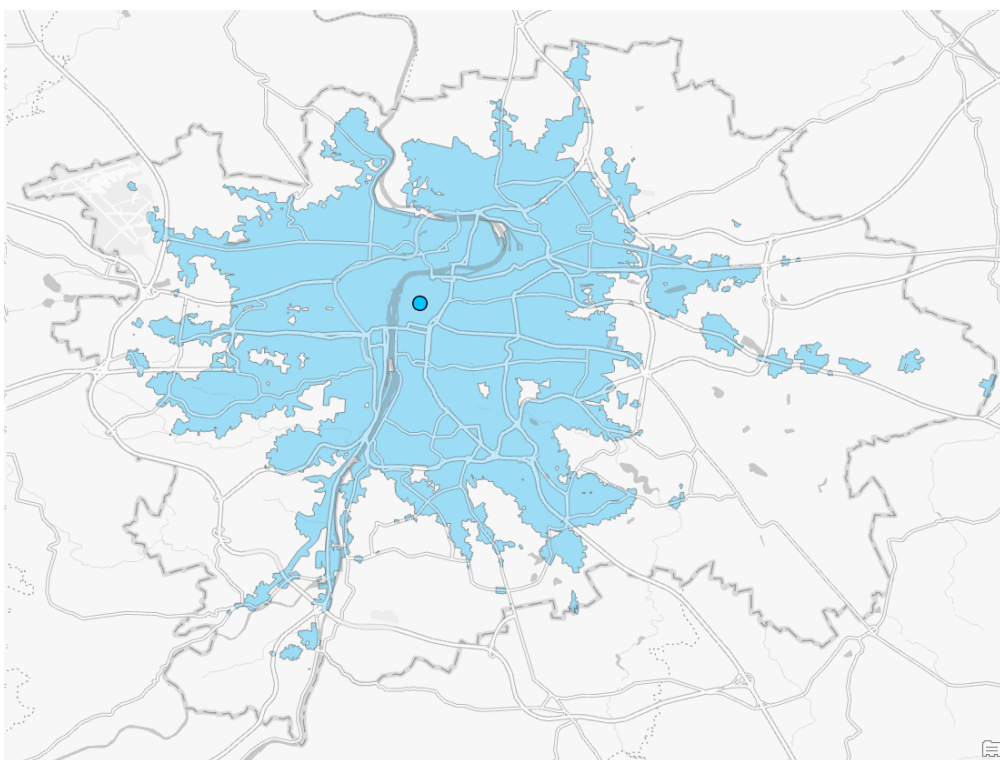


Obr. 59: Nastavení na požadovaný síťový dataset

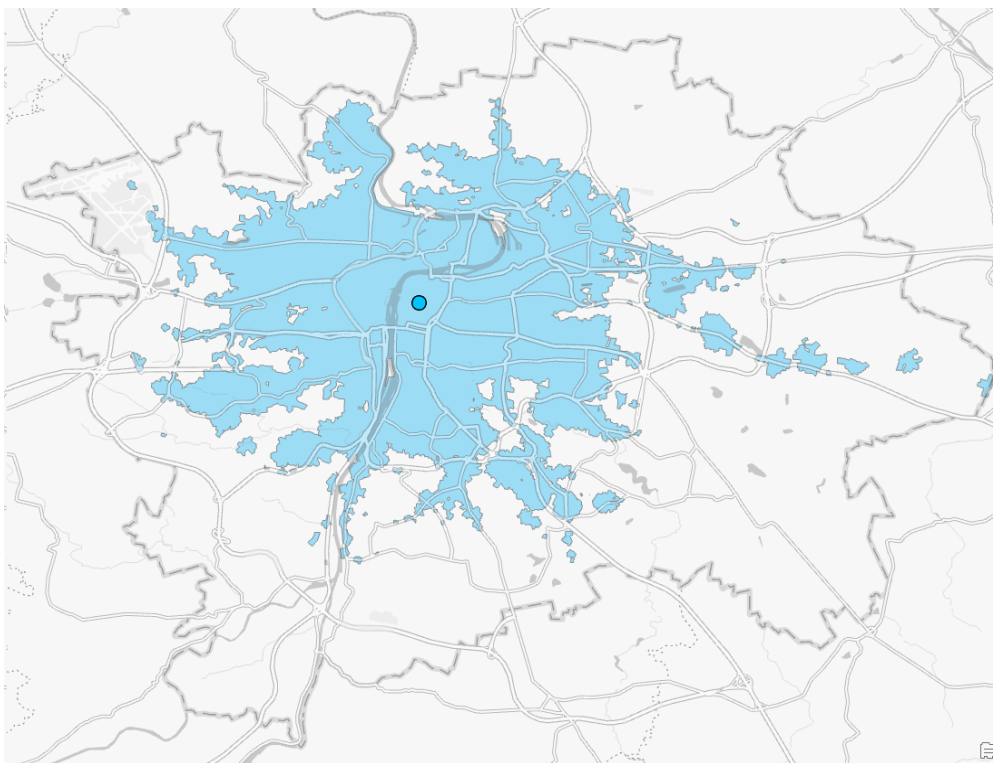
Na následujících obrázcích jsou vygenerované polygony oblasti dostupnosti v průřezu celého dne.



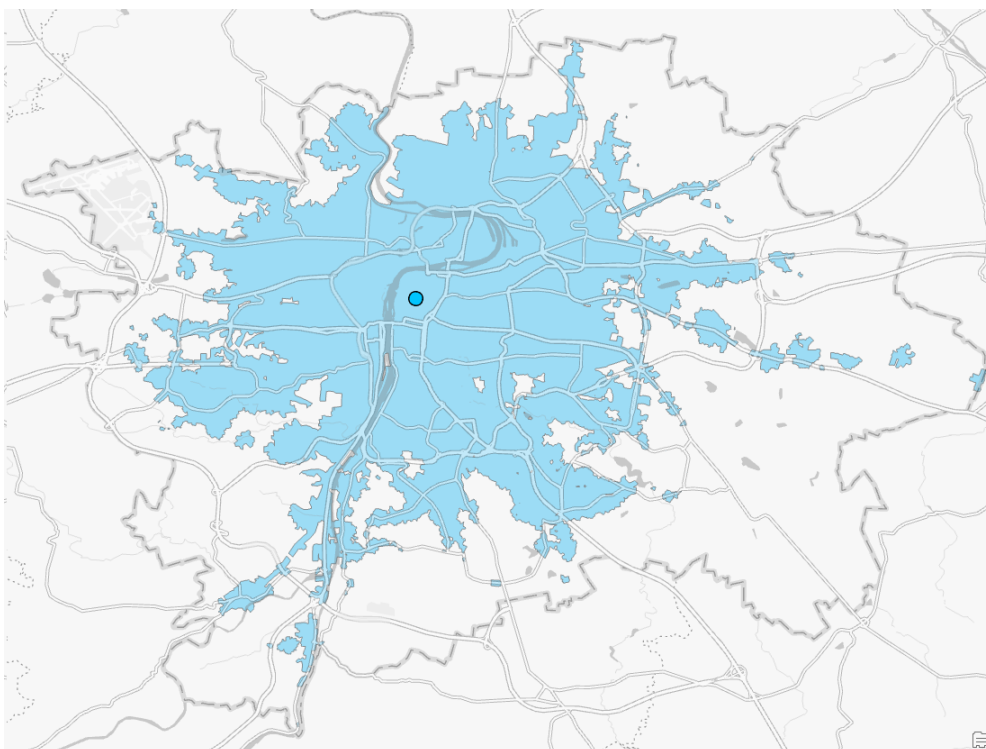
Obr. 60: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 v 5:00



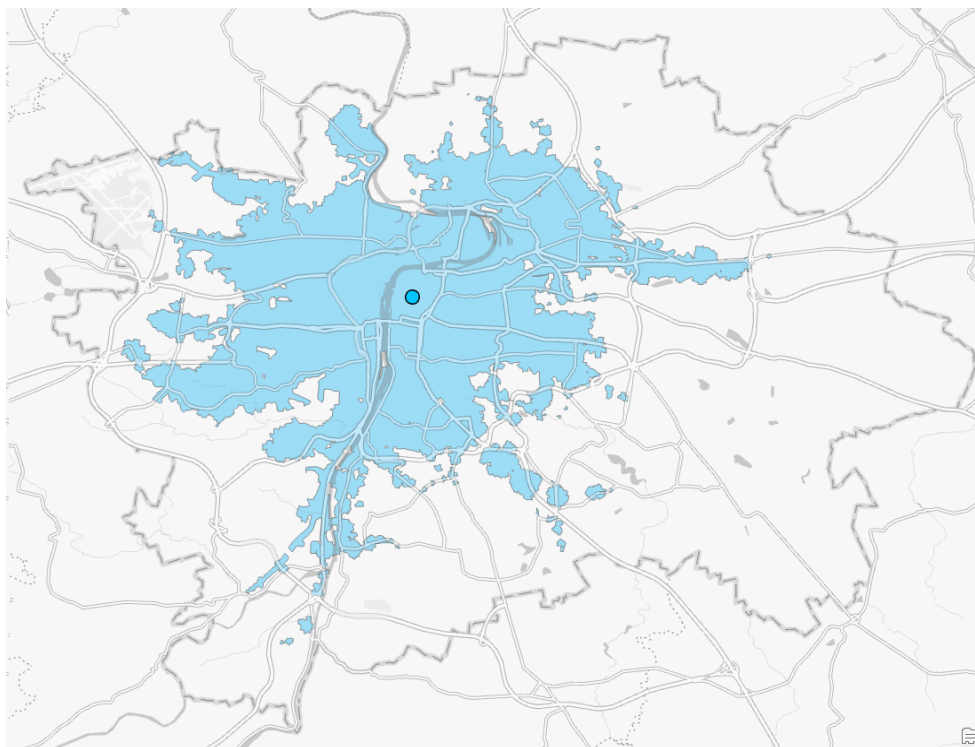
Obr. 61: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 v 9:00



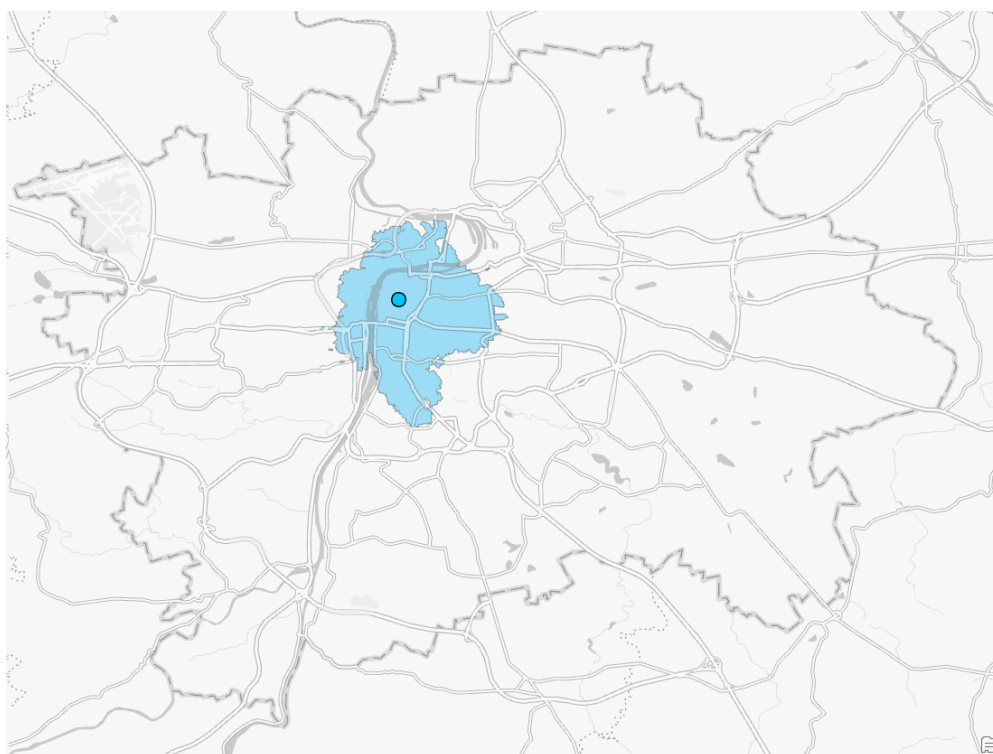
Obr. 62: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 ve 13:00



Obr. 63: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 v 17:00



Obr. 64: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 ve 21:00



Obr. 65: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 8. 5. 2021 v 1:00

Diskuze

Po detailním seznámení se s datovou sadou *PID_GTFS* mohu konstatovat, že struktura dat odpovídá specifikaci GTFS Static Overview s několika drobnými a na první pohled viditelnými rozdíly. Soubor *routes.txt* obsahuje navíc pole *is_night*, které rozlišuje denní linky od nočních. Soubor *trips.txt* obsahuje navíc dvě pole (*exceptional* a *trip_operation_type*). Význam pole *exceptional* se mi v průběhu tvorby diplomové práce nepodařilo dohledat a ani odvodit. Soubor *stop_times.txt* obsahuje u vlakových linek na trase takové body, kterými vlaky projíždějí z důvodu upřesnění trasy. Soubor *pathways.txt* označuje pole *length* jako *Shape_length*. Soubor *route_sub_agencies.txt* je v datové sadě poskytován navíc a nejedná se o standardní soubor specifikace GTFS Static Overview. Tento soubor považuji za užitečný, protože v něm lze dohledat jednotlivé dopravce a k nim přiřazené linky, které obsluhují. Všechny výše uvedené rozdíly a specifikace sady nemají vliv na sestavení síťového datasetu a následné provádění analýzy dostupnosti v souladu s tím, jak bylo v práci postupováno.

K samotnému obsahu dat datové sady *PID_GTFS* musím zmínit několik skutečností. V prvé řadě nebylo možné ověřit, zda jsou data skutečně správná a pravdivá v plném rozsahu, ačkoliv za to nese odpovědnost samotný poskytovatel. Pro případ důkladné analýzy doporučuji, aby IPR Praha pracoval s takovou datovou sadou, která bude plně překontrolovaná a nebude obsahovat chyby, mimořádné události, výluky a tak podobně. Občas se v rámci feedu objeví špatně vygenerovaný soubor v jiném kódování. Je taktéž možné, že některé soubory a jejich konkrétní atributy neobsahují vždy všechny informace a dochází tak k výpadkům některých dat. U vlaků bych doporučoval překontrolovat, zda jsou časy příjezdu a odjezdu v souboru *stop_times.txt* zapisovány podle standardních pravidel včetně těch, které zasahují svou službou přes půlnoc do ukončení servisního dne. Poměrně pozoruhodnou skutečností je, že datová sada *PID_GTFS*, která zahrnuje data DPP, má rozdílné zápisy hodnot atributů vůči přímo poskytované GTFS sadě od DPP.

V průběhu zpracování praktické části jsem nabył několika poznatků. Využívané nástroje od ArcGIS pracují se základní strukturou a soubory GTFS. Případná rozšíření (jako je v tomto případě Trip-to-trip transfers) jim nevađí a nepracují s nimi. Soubor *pathways.txt*, který by mohl zkvalitnit modelování dostupnosti v rámci řešení přestupů, nástroje nevyužívají, a tudíž je tento soubor pro účel práce přebytečný. Vlivem toho je potřebný čas pro přestup uvažován jako nulový časový náklad. Uvedené cestovní režimy, k nim vztažené atributy jako jsou náklady, omezení a tak podobně, jsou pro účely ukázky dostačující. V případě důkladné analýzy bude zapotřebí, aby si IPR Praha stanovil přesné požadavky, co vlastně chce modelovat a na základě toho vytvořil vhodné cestovní režimy a doplnil vstupní data o potřebné atributy. V rámci testování vytvořené sítě, a z uvedené ukázky dostupnosti z centra města v kapitole 2.7 *Service Area*, je patrné, že je tu problém ohledně modelování noční dopravy [Obr. 66: *Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 8. 5. 2021 v 1:00*]. V rámci rozsahu práce jsem nebył schopen již identifikovat, zda je problém spojen přímo s noční dopravou, nebo pouze se spoji, které jezdí po půlnoci. Lze však jasně vidět, že k analýze dochází pouze s využitím pěší sítě a veřejná doprava není využívána. Ze zvědavosti jsem se pokusil vytvořit cvičnou síť z datové sady GTFS od DPP, kde modelování noční dopravy fungovalo. Z tohoto důvodu usuzuji a přikláním se k variantě, že není problém na straně softwaru, ale přímo v datové sadě *PID_GTFS*. A to i přesto, že časy u polí *arrival_time* a *departure_time* v souboru *stop_times.txt* se jeví správně zapsané podle standardů specifikace GTFS. Jednou z cest, jak ověřit správnost analýz dostupnosti, by bylo vytvořit více sítí, které by obsahovaly vždy pouze část dopravních prostředků. Bylo by nutné udělat síť pro pěší a cestující metra, další pro pěší a cestující tramvaje a tak podobně.

V situaci, kdy bych měl začít dělat znovu tuto práci se současnými zkušenostmi, bych nevolil jiný postup. Jsem přesvědčen, že jsem zvolil takový postup, který byl nejvíce efektivní z hlediska postupu a zpracování dat. Rozdíl by jistě spočíval v tom, že bych se rychleji zorientoval ve vstupních datech a struktuře GTFS. V důsledku toho bych pravděpodobně zvládl prozkoumat a vyřešit nedostatky této síťové sady, nebo bych alespoň byl schopen stanovit nutné požadavky na změny v datové sadě *PID_GTFS* tak, aby byla zajištěna plná funkcionalita.

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo ověření funkcionality nástrojů a otestování převodu datové sady *PID_GTFS* za účelem vytvoření multimodální sítě, po které se mohou pohybovat chodci (cestující) na území hlavního města Prahy s využitím prostředků veřejné dopravy podle dostupného jízdního řádu. Proto bylo nutné prozkoumat formát datové sady *PID_GTFS* od organizátora ROPID a zjistit jeho případné nesrovnalosti a specifika. V průběhu práce jsem se seznámil s daty i nástroji, které jsou nutné pro sestavení multimodální sítě.

Výsledkem práce je ukázkový síťový dataset, který umožňuje modelovat dostupnost a využívat tak řešitele *Service Area*. Ukázková data a celý projekt diplomové práce je k dispozici ke stažení na odkaze:

https://rebrand.ly/sitovy_dataset_GTFS_DP_tomas_lauwereys_data

Použité zdroje

- [1] *Dopravní podnik města Olomouce, a.s.: Jednotný datový formát JDF 1.10* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.dpmo.cz/doc/cz/jdf-1.10.pdf>
- [2] *TransitFeeds: OpenMobilityData* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://transitfeeds.com/l/587-czechia>
- [3] *LAUWEREYS, Tomáš. Analýza dopravních dat v jihozápadní části příjezdu do Prahy* [online]. Praha, 2019 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84346/F1-BP-2019-Lauwereys-Tomas-BP_dopravni_analyza_TL_final.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, obor Geodézie, kartografie a geoinformatika. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
- [4] *PANTŮČKOVÁ, Tereza. Síťové analýzy v GIS* [online]. Praha, 2012 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/diplomky/2013_DP_Pantuckova_Sitove_analyzy_v_GIS.pdf. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, obor Geoinformatika. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
- [5] *PAPOUŠEK, Jan. Multimodální plánování v městském prostoru pro potřeby seniorů* [online]. Praha, 2018 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/101086/130239036.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, obor Geografie a kartografie. Vedoucí práce Ing. Miroslav Čábelka.
- [6] *Data.Brno: Aplikace pro modelování dostupnosti v Jihomoravském kraji* [online]. 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://data.brno.cz/pages/clanek-dostupnost->

mhd?fbclid=IwAR1U2UeWGkkl1bfITsoZWDId2pcsS5Ok7YXXz1XlvKmu
q1SiOQYk1KZNcII

- [7] *Data.Brno: Dostupnost hromadnou dopravou v JMK* [online]. 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://gis.brno.cz/ags/dopravni-dostupnost-mhd/?org=mestobrna>
- [8] *ArcGIS Pro Tutorials: Create and use a network dataset with public transit data* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/networks/create-and-use-a-network-dataset-with-public-transit-data.htm>
- [10] *IPR Praha: Logo* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.iprpraha.cz/logo>
- [11] *IPR Praha: Co IPR Praha dělá?* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.iprpraha.cz/clanek/343/co-ipr-praha-dela>
- [12] *IPR Praha: Organigram IPR Praha 2021* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.iprpraha.cz/organizacni-struktura>
- [13] *IPR Praha: Historie* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.iprpraha.cz/historie>
- [14] *ROPID: O organizaci ROPID* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://pid.cz/o-organizaci/o-organizaci-ropid/>
- [15] *PID: Loga PID a ROPID* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://pid.cz/o-systemu/loga-pid-ropid/>
- [16] *Google Transit APIs: GTFS Static Overview* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://developers.google.com/transit/gtfs>

- [17] *Google Transit APIs: GTFS Realtime Overview* [online]. [cit. 2021-5-16].
Dostupné z: <https://developers.google.com/transit/gtfs-realtime>
- [18] *Transitwiki: GTFS-consuming applications* [online]. [cit. 2021-5-16].
Dostupné z:
https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php?title=Main_Page
- [19] *GTFS: General Transit Feed Specification Reference* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://gtfs.org/reference/static>
- [20] PID. *Otevřená data PID* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:
<https://pid.cz/o-systemu/opendata/>
- [21] OPENDATA PRAHA. *Jízdní řády PID* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://opendata.praha.eu/dataset/jizdni-rady-pid>
- [22] TRANSITFEEDS. *PID GTFS* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:
<https://transitfeeds.com/p/prazska-integrovana-doprava/1106>
- [23] OPENDATA PRAHA. *Pěší trasy* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:
https://opendata.praha.eu/dataset/ipr-pesi_trasy
- [24] GEOFABRIK. *Download OpenStreetMap* [online]. [cit. 2021-5-16].
Dostupné z: <https://download.geofabrik.de/europe.html>
- [25] ESRI. *ArcGIS Pro* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/conversion/GUID-14B37537-D252-479A-BB8B-F8A82D4F29C7-web.png>
- [26] ESRI. *ArcGIS Pro* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/conversion/GUID-7158E706-2B99-4E48-B346-FE108DB25CB3-web.png>

[27] ESRI. *ArcGIS Pro* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z:

<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/conversion/GUID-91F271AF-A247-4940-8098-B9BD38324CFA-web.png>

Seznam obrázků

- Obr. 1: Ukázka aplikace dostupnosti hromadné dopravy v JMK [7]
- Obr. 2: Oficiální logo IPR Praha [10]
- Obr. 3: Oficiální logo ROPID [15]
- Obr. 4: Oficiální logo PID [15]
- Obr. 6: Schéma struktury GTFS
- Obr. 7: Ukázka části souboru agency z datové sady PID_GTFS
- Obr. 8: Ukázka části souboru stops z datové sady PID_GTFS
- Obr. 9: Stanice metra Můstek
- Obr. 10: Příklad rozdělení zastávky do „virtuálních“ záznamů
- Obr. 11: Ukázka části souboru routes z datové sady PID_GTFS
- Obr. 12: Ukázka části souboru trips z datové sady PID_GTFS
- Obr. 14: Příklad přechíslování linky za pomoci block_id
- Obr. 15: Příklad označení zatahující linky za pomoci block_id
- Obr. 16: Ukázka části souboru stop times z datové sady PID_GTFS
- Obr. 17: Ukázka části souboru calendar z datové sady PID_GTFS
- Obr. 18: Ukázka části souboru calendar z datové sady PID_GTFS
- Obr. 19: Ukázka části souboru fare attributes z datové sady PID_GTFS
- Obr. 20: Ukázka části souboru fare rules z datové sady PID_GTFS
- Obr. 21: Ukázka části souboru shapes z datové sady PID_GTFS
- Obr. 22: Ukázka části souboru transfers z datové sady PID_GTFS
- Obr. 23: Ukázka části souboru pathways z datové sady PID_GTFS
- Obr. 24: Ukázka části souboru levels z datové sady PID_GTFS
- Obr. 25: Ukázka části souboru feed info z datové sady PID_GTFS
- Obr. 26: Ukázka části souboru route sub agencies z datové sady PID_GTFS
- Obr. 27: Okno Map Properties s nastaveným souřadnicovým systémem
- Obr. 28: Okno Geoprocessing s nástrojem Project
- Obr. 29: Model 1 Cesty IPR
- Obr. 30: Model 2 Feature Dataset
- Obr. 31: Stav adresáře po spuštění modelu 2 Feature Dataset
- Obr. 32: Model 3 GTFS_2_GDB
- Obr. 33: Stav adresáře po spuštění modelu 3 GTFS_2_GDB

- Obr. 34: Zobrazení feature classes LineVariantElements a Stops
- Obr. 36: Příklad připojení zastávky k uliční síti [25]
- Obr. 38: Ukázka vztahu připojení podřízené a nadřazené zastávky k ulici [26]
- Obr. 40: Ukázka vztahu připojení podřízených zastávek, nadřazené zastávky a vchodů k ulicím [27]
- Obr. 41: Model 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR
- Obr. 42: Stav adresáře po spuštění modelu 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR
- Obr. 43: Model 5 Create ND
- Obr. 44: Stav adresáře po spuštění modelu 5 Create ND
- Obr. 45: Nastavení Service-Area Index
- Obr. 47: Nastavení konektivity
- Obr. 48: Nastavení časového nákladu WalkTime
- Obr. 49: Nastavení časového nákladu PublicTransitTime
- Obr. 50: Nastavení omezení WheelchairRestriction
- Obr. 51: Python kód ověřující možnost bezbariérového přístupu pro cestujícího na invalidním vozíku
- Obr. 52: Nastavení omezení PedestrianRestriction
- Obr. 53: Nastavení deskriptoru RoadClass
- Obr. 54: Nastavení cestovního režimu Chodec a MHD
- Obr. 55: Nastavení cestovního režimu Uživatel invalidního vozíku
- Obr. 56: Nastavení atributu directions – general
- Obr. 57: Nastavení atributu directions – field mappings
- Obr. 58: Model 6 Build Network IPR
- Obr. 60: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 v 5:00
- Obr. 61: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 v 9:00
- Obr. 62: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 ve 13:00
- Obr. 63: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 v 17:00
- Obr. 64: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 7. 5. 2021 ve 21:00
- Obr. 65: Oblast dostupnosti ze stanice Můstek 8. 5. 2021 v 1:00

Seznam tabulek

Tab. 1: Slovník zkratk	8
Tab. 2: Povinné soubory statického GTFS datasetu	19
Tab. 3: Nepovinné soubory statického GTFS datasetu	19
Tab. 4: Parametry atributu agency	22
Tab. 5: Parametry atributu stops	23
Tab. 6: Parametry atributu routes	26
Tab. 7: Parametry atributu trips	27
Tab. 8: Parametry atributu stop times	30
Tab. 9: Parametry atributu stop times	32
Tab. 10: Parametry atributu calendar dates	33
Tab. 11: Parametry atributu fare attributes	34
Tab. 12: Parametry atributu fare rules	35
Tab. 13: Parametry atributu shapes	36
Tab. 14: Parametry frequencies	37
Tab. 15: Parametry transfers	38
Tab. 16: Parametry pathways	39
Tab. 17: Parametry levels	41
Tab. 18: Parametry translations	42
Tab. 19: Parametry feed info	43
Tab. 20: Parametry attributions	44

Seznam příloh

Obsah DVD:

Složka GTFS_DP obsahující:

- GTFS_DP.gdb
- ImportLog
- Index
- Pracovní_data
 - Cesty_pro_Network_Dataset
 - *shapefile soubory*
 - Pomocné
 - *shapefile soubory*
 - Transformace
 - *shapefile soubory*
- scratch.gdb
- Vstupní_data
 - czech_republic_latest_free
 - *shapefile soubory*
 - DOP_PesiTrasy_I_shp
 - *shapefile soubory*
 - PID_GTFS
 - *GTFS soubory*
- BuildErrors.txt
- GTFS_DP.aprx
- GTFS_DP.tbx
 - 1 Cesty IPR
 - 2 Feature Dataset
 - 3 GTFS_2_GDB
 - 4 Connect ND Transit Sources To Streets IPR
 - 5 Create ND
 - 6 Build Network IPR
- TransitNetworkTemplateIPR.xml