

Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky

A. Návrh konceptu dátovej platformy pre vysoko-presné mapové podklady pre účely inteligentnej mobility

Príprava metodických materiálov – overovanie definovaných
metodík a odporúčaní prostredníctvom realizácie pilotného
riešenia využitia vysokopresných máp v inteligentnej doprave
v praxi

Apríl 2023

SKRATKY

SKRATKA	VÝZNAM
ADAS	Pokročilý asistenčný systém vodiča (<i>Advanced Driver-Assistance System</i>)
AI	Umelá inteligencia (<i>Artificial Intelligence</i>)
ASD	Automatické sčítače dopravy
BA	Bratislava
BD	Veľké dáta (<i>Big Data</i>)
BIM	Stavebné informačné modelovanie (<i>Building Information Modeling</i>)
CAD	Prepojená autonómna jazda (<i>Connected Automated Driving</i>)
CAV	Prepojené autonómne vozidlo / vozidlá (<i>Connected Automated Vehicle</i>)
CBA	Analýza nákladov a prínosov (<i>Cost-Benefit Analysis</i>)
DT	Digitálne dvojča (<i>Digital Twin</i>)
EČV	Evidenčné číslo vozidiel
GNSS	Družicový navigačný prístroj (<i>Global Navigation Satellite System</i>)
HD	Vysoké rozlíšenie (<i>High-Definition</i>)
HW	Hardvér (<i>Hardware</i>)
I2C	Prepojenie infraštruktúry k centrále (<i>Infrastructure-to-Center</i>)
IM	Inteligentná mobilita
LiDAR	(<i>Light Detection And Ranging</i>)
ML	Strojové učenie (<i>Machine Learning</i>)
OEM	Výrobca pôvodného zariadenia (<i>Original Equipment Manufacturer</i>)
PUM	Plán udržateľnej mestskej mobility
ÚGKK SR	Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
UX	Používateľská skúsenosť (<i>User Experience</i>)

SKRATKA	VÝZNAM
V2I / V2X	Prepojenie vozidla k infraštruktúre (<i>Vehicle-To-Infrastructure</i>) / ku všetkému (<i>Vehicle-To-Everything</i>)

1. OBSAH

SKRATKY	2
1. OBSAH	4
2. MANAŽÉRSKE ZHRNUTIE	7
3. ÚVOD	9
3.1. Metodický prístup	9
3.2. Vymedzenie základných pojmov	10
3.3. Príležitosti a obmedzenia HD máp	14
4. MOŽNOSTI INTEGRÁCIE DÁTOVÝCH ZDROJOV DO KONCEPTU DÁTOVEJ PLATFORMY	20
4.1. A1. Monitorovanie a štatistika dynamických prvkov v doprave	20
4.1.1. Zahraničná skúsenosť: SENSORS4RAIL (Deutsche Bahn, DE)	21
4.2. A2. Monitorovanie a štatistika statických prvkov v doprave	23
4.2.1. Zahraničná skúsenosť: RIACT (UK)	23
4.3. B. Poskytovanie nástrojov na rozhodovanie	24
4.3.1. Zahraničná skúsenosť: Bezpečnosť chodcov a dopravné inžinierstvo (SEMCOG, USA)	25
4.4. C. Poskytovanie nástrojov pre testovanie CAV technológií	26
4.4.1. Zahraničná skúsenosť: DRIVE PILOT (DE)	27
5. IDENTIFIKÁCIA RELEVANTNÝCH POSKYTOVATEĽOV DÁT (MAPOVACIE SLUŽBY)	29
5.1. Prehľad služieb HD mapovania	29
5.2. Zahraniční poskytovatelia	30
5.2.1. TomTom, NL (TomTom HD Map)	30
5.2.2. HERE Technologies, NL (HERE HD Live Map)	31
5.3. Slovenskí poskytovatelia	32
5.3.1. Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ZBGIS)	32
5.3.2. Úrad pre územné plánovanie a výstavbu SR (IS UPV)	32

5.4.	Porovnanie riešení.....	34
6.	ANALÝZA DÁTOVEJ VRSTVY	37
6.1.	Kategorizácia dát/datasetov v gescii MD SR.....	37
6.2.	Typy dát a datasety v gescii MD SR.....	37
7.	NÁVRH KONCEPTU DÁTOVEJ PLATFORMY	40
7.1.	Štruktúra dátových vrstiev mapových podkladov	40
7.2.	Referenčný model integrácie dátových zdrojov a poskytovateľov dát	42
7.3.	Návrh procesov manažmentu údajov	42
8.	SÚVISIACA LITERATÚRA	47
	SKRATKY	49
9.	Úvod.....	50
9.1.	Opis problému, motivácia a ciele experimentu	53
10.	Metodický Prístup	54
10.1.	Prístup k overeniu kvality údajov pre vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ.....	54
10.1.1.	Špecifikácia vstupných údajov	54
10.1.2.	Dátový model nástroja a spracovanie údajových vrstiev	57
10.1.3.	Popis používateľského prostredia nástroja	68
10.2.	Prístup k overeniu prístupov pre vytvorenie 3D mračna bodov	70
10.2.1.	Špecifikácia mapovania v teréne	70
10.2.2.	Výber odborných kapacít na mapovanie	73
10.2.3.	Proces snímkovania	74
10.2.4.	Špecifikácia ukazovateľov pre overenie použiteľnosti pre potreby plánovania a projekcie 78	
11.	Záver: Vyhodnotenie výsledkov analýzy	79
11.1.	Hodnotenie kvality údajov na vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ	80
11.2.	Hodnotenie prístupov pre vytváranie 3D mračna bodov	82
11.3.	Analýza nákladovosti vytvárania HD máp	89

12.	Použitá literatúra	92
-----	--------------------------	----

2. MANAŽÉRSKE ZHRNUTIE

Mapy s vysokým rozlíšením (HD mapy) sú jednou z kľúčových technológií pre inteligentnú mobilitu. Ich použitie je najzreteľnejšie v prípade autonómneho riadenia (CAD) vozidiel ako aj pri využití v navigačných a asistenčných systémoch, ktoré zvyšujú vodičom pohodlie a bezpečnosť jazdy – informácie získané z HD máp v kombinácii s inými aktuálnymi informáciami získavanými zo senzorov v reálnom čase umožňujú vodičom a systémom robiť efektívne rozhodnutia ohľadom riadenia vozidiel.

Cieľom dokumentu je navrhnúť koncept prepojenia mapových podkladov, geopriestorových informácií a datasetov v gescii MD SR v tzv. dátovej platforme pre použitie v inteligentnej mobilite (IM). Pre dosiahnutie stanoveného cieľa sa dokument venuje:

- rešerši dostupnej literatúry na vymedzenie základných pojmov,
- analýze možností integrácie relevantných dátových zdrojov,
- identifikácii relevantných zdrojov dát pre potreby HD máp, a
- syntéze zistení pre návrh konceptu dynamickej dátovej platformy.

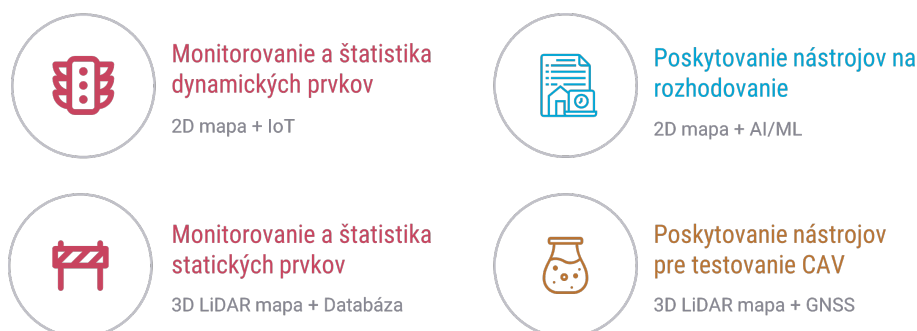
V rámci rešerše dostupnej literatúry bola (pre potreby tohto výstupu) HD mapa definovaná ako: „*statická mapa, ktorá poskytuje presnejšiu reprezentáciu okolia a informácie o cestnej sieti ako konvenčné digitálne navigačné mapy. Túto presnosť možno u HD máp dosiahnuť pomocou kombinácie technológií pre snímanie okolia (napríklad 3D mapy vytvorené LiDARom, radarom alebo senzormi a kamerami) alebo prepojením mapovej vrstvy a viacerých údajových vrstiev, ktoré obsahujú veľké množstvo atribútov*“. Dostupná literatúra sa tiež zaoberala možnými príležitosťami a obmedzeniami technológie HD máp, ktoré boli zhrnuté do nasledujúceho prehľadu.

Tabuľka 1: Manažérske zhrnutie – Prehľad identifikovaných príležitostí a obmedzení technológie HD máp

PRÍLEŽITOSTI	OBMEDZENIA
– Podpora technológií CAD – Zníženie dopravných zápch a zvýšenie bezpečnosti – Pochopenie dopytu a ponuky v mobilite – Presnejšia navigácia, lokalizácia a plánovanie trás – Podporuje prechod na elektrickú mobilitu – Poskytovanie podkladov pre tvorbu politík	– Chýbajúce štandardy – Výpočtová náročnosť – Latencia – Aktuálnosť máp – Bezpečnosť a ochrana osobných údajov – Náklady na mapovanie

V rámci analýzy možností integrácie relevantných dátových zdrojov výstup identifikuje celkom štyri hlavné spôsoby integrácie dátových zdrojov podľa prípadu použitia. Jednotlivé prípady použitia sú analyzované z hľadiska ich motivácie a náročnosti na vytvorenie mapy a dátovej vrstvy. Určenie náročnosti na implementáciu slúži ako súčasť CBA analýzy navrhnutých pilotných projektov pre SR (Výstup B. Návrh modelu dátových tokov pre vysoko-presné mapy vo verejnej správe).

Obrázok 1: Manažérske zhrnutie – Identifikácia integrácie dátových zdrojov do konceptu dátovej platformy podľa prípadu použitia

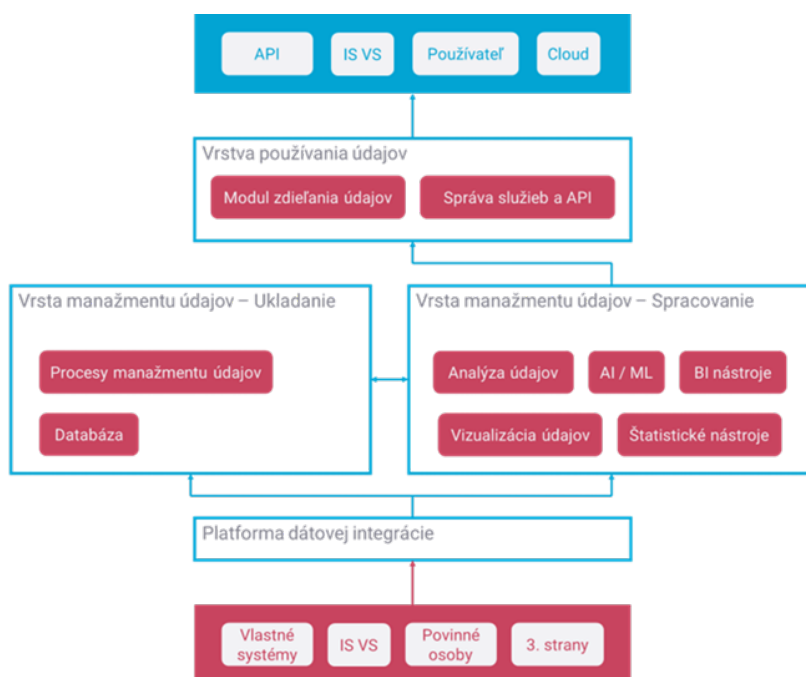


V rámci relevantných zdrojov dát sa výstup venuje identifikácii:

- Relevantných poskytovateľov mapových podkladov, vrátane súkromných spoločností vytvárajúcich vysoko-presné mapy (služi ako podklad pre výstup „C. Nastavenie biznis modelu pre spoluprácu so spoločnosťami vytvárajúcimi vysoko-presné mapy a návrh potrebnej infraštruktúry pre zber a sprostredkovávanie mapových podkladov“). Na základe analýzy boli identifikovaní dva zdroje mapových podkladov zo súkromného sektora a dva zdroje z verejného sektora:
 - o Súkromný sektor – HERE Technologies a TomTom,
 - o Verejný sektor – ÚGKK SR a Úrad pre územné plánovanie a výstavbu SR.
- Relevantných datasetov v gescii MD SR, predovšetkým dáta týkajúce sa dopravných zón, dopravnej infraštruktúry, dopravných trás, návrh analytických nástrojov pre analýzu dátových zdrojov a typov dát a ich využiteľnosti.

Syntézou horeuvedených zistení bolo možné navrhnuť koncept dátovej platformy v nasledujúcej štruktúre:

Obrázok 2: Manažérske zhrnutie – Referenčný model dynamickej dátovej platformy



3. ÚVOD

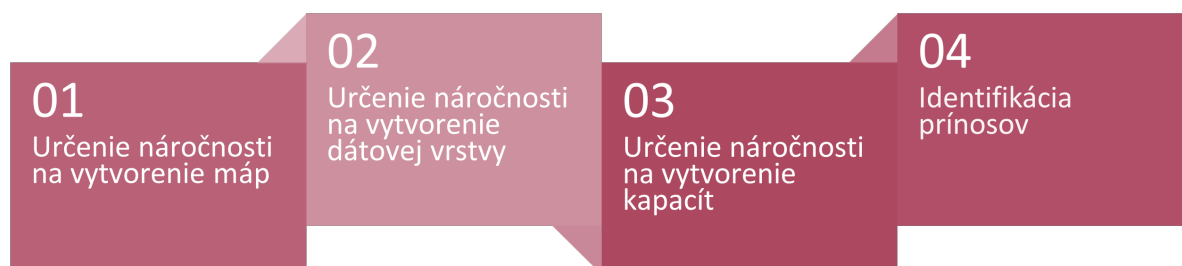
3.1. Metodický prístup

Metodický prístup výstupu A (*Návrh konceptu dátovej platformy pre vysoko-presné mapové podklady pre účely inteligentnej mobility*) a výstupu B (*Návrh modelu dátových tokov pre vysoko-presné mapy vo verejnej správe*) reflektuje hlavné zámery oboch výstupov:

- Navrhnuť koncept dátovej platformy pre vysoko-presné mapové podklady (Výstup A), a
- Navrhnuť koncept modelu dátových tokov pre vysoko-presné mapy (Výstup B).

Prvým krokom je analýza možných spôsobov integrácie dátových zdrojov podľa prípadov použitia. Je potrebné identifikovať, aké oblasti verejnej správy by mohli mať prospech z použitia technológie HD máp, ako aj analyzovať konkrétne príklady použitia v zahraničí. Cieľom tohoto kroku je identifikovať všeobecné prípady použitia technológie HD máp vrátane požiadaviek na mapový podklad a na dátovú základňu. Na základe prípadov použitia možno vypracovať manuál na využívanie HD máp v praxi, čo zahŕňa identifikáciu odporúčaných projektov, strategické odporúčania a Cost-benefit analýzu (CBA) projektov – zváženie nákladovej a prínosovej stránky navrhnutého projektu. Metóda pozostáva z nasledujúcich bodov:

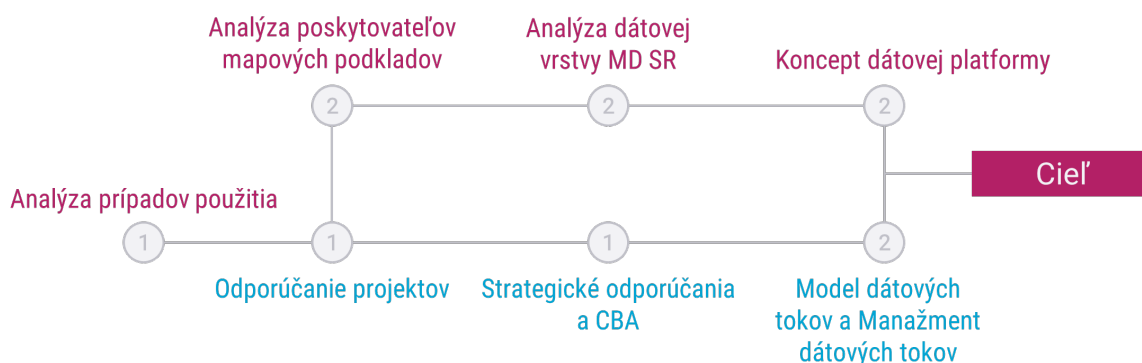
Obrázok 3: Metodický prístup určenia náročnosti implementácie pomocou CBA.



Na základe CBA analýzy a skúseností zo zahraničia bude navrhnutý aj vhodný pilotný projekt pre Slovensko. Napokon, budú odporúčané konkrétne opatrenia, ktoré môžu mať pozitívny vplyv na implementáciu vybraných pilotných projektov a zavádzanie budúcich obdobných projektov. Pridaná hodnota tejto činnosti je aj identifikácia potrebných nástrojov, kapacít a postupov na implementáciu projektov HD máp.

Druhým krokom je analýza relevantných poskytovateľov mapových podkladov a analýza dátovej vrstvy MD SR. Na základe toho bude možné vytvoriť model dátových tokov a navrhnuť koncept dátovej platformy pre vysoko-presné mapové podklady a odporučiť potrebné procesy pre manažment dátových tokov a ich pravidelnú aktualizáciu.

Obrázok 4: Metodický prístup výstupu A (červená) a výstupu B (modrá) v dvoch krokoch



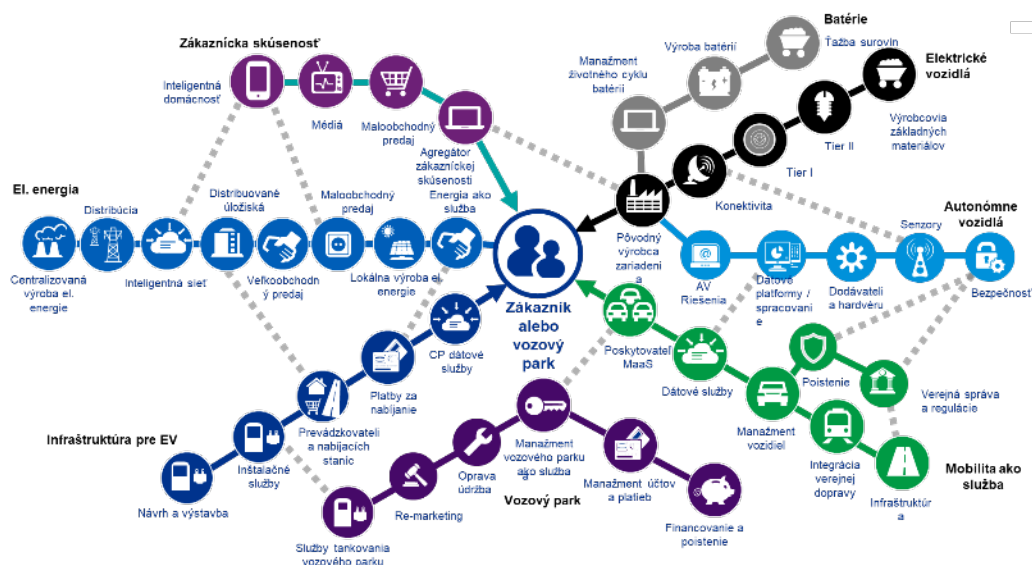
3.2. Vymedzenie základných pojmov

Inteligentná mobilita

Inteligentnú mobilitu možno chápať ako využívanie digitálnych dátových nástrojov v komplexnom hodnotovom reťazci dopravy. „Inteligentná mobilita využíva bezpečné, inovatívne a prepojené dopravné systémy naprieč všetkými módmi dopravy. Cieľom je zvyšovať kvalitu a efektivitu dopravy, minimalizovať jej dosah na prostredie a zároveň skracovať vzdialenosti medzi mestami, regiónmi a bodmi záujmov v nich. Využitie informačných a telekomunikačných prostriedkov môže prispieť k správne plánovaniu a znižovaniu nákladov¹“.

¹ MIRRI. 2022. Sprievodca inteligentným rozvojom miest a regiónov.

Obrázok 5: Hodnotový reťazec inteligentnej mobility. Zdroj: KPMG



HD Mapa

Podľa normy ISO 18750 pre miestne dynamické mapy (*Local Dynamic Maps*) sa mapy s vysokým rozlíšením (HD mapy) považujú za trvalé statické mapy s cieľom pomôcť pri presnej navigácii a poskytovaní presných informácií o cestnej sieti na úrovni jazdného pruhu. HD mapa predstavuje typ máp, ktorý dopĺňa tzv. vylepšenú digitálnu mapu (*Enhanced Digital Map*)². Na vytvorenie tejto reprezentácie je možné použiť kombináciu senzorov vrátane LiDAR, radaru a kamier. HD mapa môže byť jednoduchá ako napríklad databáza presných polôh dopravných značiek a jazdných pruhov, alebo môže byť zložitá ako napríklad sémanticky segmentované husté mračno bodov, ktoré ukladá vzdialenosť ku každej prekážke v 3D priestore. Spoločným znakom všetkých HD máp je ich vysoká presnosť polohy. HD mapy a konvenčné elektronické navigačné mapy sa preto líšia najmä svojou geometrickou presnosťou a obsahom atribútov – konvenčné elektronické navigačné mapy poskytujú používateľom navigačné služby, ako sú informácie o cestách a plánovanie trasy a ich horizontálna presnosť je približne 5–10 m. Autonómne vozidlá však vyžadujú mapy s vyššou presnosťou, aby sa zabránilo kolíziám – autonómne aplikácie vyžadujú presnosť v rámci cm (10–20 cm), ADAS systémy a presnú lokalizáciu³.

Na základe vyššie uvedeného vymedzujeme HD mapu ako: „statická mapa, ktorá poskytuje presnejšiu reprezentáciu okolia a informácie o cestnej sieti ako konvenčné digitálne navigačné mapy. Túto presnosť možno u HD máp dosiahnuť pomocou kombinácie technológií pre snímanie okolia (napríklad 3D mapy vytvorené LiDARom, radarom alebo senzormi a kamerami) alebo prepojením mapovej vrstvy a viacerých údajových vrstiev, ktoré obsahujú veľké množstvo atribútov.“

² SHIMADA, H.; YAMAGUCHI, A.; TAKADA, H.; SATO, K. 2015. *Implementation and evaluation of local dynamic map in safety driving systems*.

³ AEBERHARD, M., et al. 2015. Experience, results and lessons learned from automated driving on Germany's highways. In: *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 7(1).

Vysoká presnosť navigácie má v praxi uplatnenie najmä pri CAD. Autonómna jazda úrovne 4 vyžaduje, aby sa maximalizovala bezpečnosť, preto sú HD mapy potrebné pre ich vývoj. HD mapy sú užitočné pre všetky úrovne autonómnych vozidiel, ale stávajú sa čoraz dôležitejšími, keď sa zvyšuje úroveň automatizácie.

Tabuľka 2: Požiadavky na presnosť máp v úrovniach autonómnej jazdy (SAE 0–5, SAE International, 2021)

Úroveň SAE	Názov	Potrebné mapy	Presnosť mapy
SAE 1	Podpora vodiča	ADAS mapa	>1 m
SAE 2	Čiastočná automatizácia	ADAS mapa	>1 m
SAE 3	Podmienená automatizácia	ADAS mapa + HD mapa	>1 m 10–20 cm
SAE 4	Vysoká automatizácia	ADAS mapa + HD mapa	>1 m 10–20 cm
SAE 5	Plná automatizácia	HD mapa	10–20 cm

Zdroj tabuľky:

SAE International. 2021. *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (J3016_202104)*. https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/

SHEN, C. Y., WANG, C. K., CHIANG, K. W., TSENG, Y. H., HONG, J. H., ZHAN, S. S., ZHENG, C. T., & ZHUANG C. C.

2020. *The Integration Of HD Maps Into Self-Driving Information And Communication Systems Report*.

Okrem poskytovania pomocných informácií, ktoré zvyšujú bezpečnosť CAV a uľahčujú plánovanie trasy, môžu byť HD mapy korelované s údajmi získanými senzormi na CAV – to znamená, že mapy môžu pomôcť vozidlu pri identifikácii objektov alebo dopravných značiek. Kvalita HD máp preto ovplyvňuje výkon technológie autonómneho riadenia. Existujú tri hlavné kategórie informácií, ktoré systém autonómneho riadenia používa pri navigácii: **topologické mapy**, **geometrické mapy** a **sémantické informácie**⁴.

Topologické mapy sú prevažne grafické reprezentácie prostredia, ktoré opisujú prostredie ako súbor uzlov (lokalít) spojených hranami (*edges*), kde spojenia predstavujú vzťahy medzi objektmi v priestore. Reprezentácia založená na tomto princípe nereflektuje vzdialenosti a mierku, čím sa strácajú informácie o obsadenosti priestoru. Výhodou topologických máp je, že poskytujú požadované informácie pre plánovanie trasy a predikciu pohybu⁵.

Geometrické mapy sú definované ako typ mapy, ktorá používa geometrické tvary na znázornenie geografických prvkov na dvojrozmernom povrchu. Tieto mapy sa môžu použiť aj na zobrazenie malých prvkov, ako sú ulice a budovy. Tvary používané na reprezentáciu fyzických vlastností sú často jednoduché a abstraktné, napríklad bodky, čiary alebo mnohoúhelníky⁶. Informácie reprezentované v geometrických mapách možno rozdeliť do troch kategórií: statické, dočasné a dynamické prvky. Statické prvky sú fyzické objekty, ktoré sú nehybné, a teda predstavujú trvalú prekážku (budovy, vozovky, obrubníky, chodníky, dopravné značky, semafore, jazdné pruhy, križovatky, mosty a tunely). Dočasné prvky (tiež označované ako

⁴ MA, W. et al. 2019. *Exploiting Sparse Semantic HD Maps for Self-Driving Vehicle Localization*. <http://arxiv.org/abs/1908.03274>

⁵ FRAUNDORFER, F., ENGELS, C., NISTÉR, D. 2007. Topological Mapping, Localization And Navigation Using Image Collections. In: *Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*.

⁶ JIANG, R.; YANG, S.; Ge, S.S.; WANG, H.; LEE, T.H. 2017. *Geometric map-assisted localization for mobile robots based on uniform-Gaussian distribution*.

„kvázi-dynamické“) sú fyzické objekty, ktoré môžu na svojom mieste existovať iba obmedzený čas (dočasný mobiliár mesta, dočasné práce na ceste, dopravné kužele a zaparkované vozidlá). Dynamické prvky sú pohybujúce sa vozidlá, ľudia alebo predmety. Aj keď tieto nemusia byť zmapované, znalosť ich polohy a trajektórie je rozhodujúca pre úspešné plánovanie pohybu. Presným mapovaním statických prvkov umožňuje jednoduchšiu detekciu dočasných a dynamických prvkov⁷.

Tabuľka 3: Porovnanie topologického a geometrického zobrazenia

Typ	Výhoda	Nevýhoda	Reprezentácia
Topologická mapa	Ľahšie interpretovateľné	Nedostatok explicitných informácií, napríklad o vzdialenosti bodov v priestore	Grafické zobrazenie s miestami a ich interakciami
Geometrická mapa	Efektívne ukladanie dát s nízkou stratou informácií	Náročnejší výpočet trajektórie a správa údajov	Zobrazenie pomocou diskretných geometrických tvarov

Sémantické informácie poskytujú „význam“ pre funkcie autonómneho riadenia. Zahrňujú obmedzenia rýchlosti na ceste, informácie o jazdnom pruhu a klasifikácie ciest. Môžu tiež poskytnúť relačné informácie, napríklad kde sa vozidlá môžu a nemôžu otáčať, kde musia vozidlá zastaviť. Poskytovaním presných kontextových informácií umožňuje systémom autonómneho riadenia robiť informované rozhodnutia v rôznych scenároch⁸.

Lokalizácia v HD mapách

Pre automatizovanú jazdu, musí byť CAV lokalizované v mape tým, že statické mapové údaje môžu byť priradené k dynamickým informáciám a použité na lokalizáciu. Mapy predstavujú statický svet a zmeny v mape musia byť detekované (overenie mapy), aby CAV mohlo bezpečne jazdiť⁹. Technológia Road DNA navrhnutá spoločnosťou TomTom, je jedným z možných riešení problému lokalizácie v HD mapách. Pri tejto metóde je detailná 3D reprezentácia cestného prostredia so všetkými vlastnosťami a informáciami o hĺbke komprimovaná do kolekcie 2D rastrových obrázkov, kde intenzita obrazu zodpovedá hĺbke určitej oblasti prostredia. Pre presnú lokalizáciu sa používajú algoritmy porovnávania vzorov, ktoré umožňujú presnú lokalizáciu s podstatne menšími požiadavkami na ukladanie údajov v porovnaní s použitím hustých mračien bodov LiDAR. Keďže významné štrukturálne zmeny sa v prostredí vozovky vyskytujú menej často ako kvázi-dynamické a dynamické zmeny, hĺbkové fotografie môžu byť presnejšie na detekciu zmien prostredia ako surové snímky z HD kamier¹⁰.

⁷ HSU, Li-Ta et al. 3D building model-based pedestrian positioning method using GPS/GLONASS/QZSS and its reliability calculation. GPS Solutions 20 (2016): 413–428.

⁸ SIAM, M., ELKERDAWY, S., JAGERSAND, M. a YOGAMANI, S. 2018. Deep semantic segmentation for automated driving: Taxonomy, roadmap and challenges. doi: 10.1109/ITSC.2017.8317714.

⁹ Shin, Donghoon & Park, Kang-moon & Park, Manbok. 2020. High Definition Map-Based Localization Using ADAS Environment Sensors for Application to Automated Driving Vehicles. Applied Sciences. 10. 4924. 10.3390/app10144924.

¹⁰ <http://download.tomtom.com/open/banners/RoadDNA-Product-Info-Sheet-1.pdf>

Digitálne dvojča

Koncepciu digitálneho dvojčata (*Digital Twin*, DT) prvýkrát sformulovali Grieves a Vickers (2017)¹¹. Podľa tejto pôvodnej definície je DT virtuálny model, ktorý sa podobá charakteristikám a správaniu fyzického objektu alebo systému, modeluje jeho komponenty a vlastnosti, ako aj interakcie s prostredím. DT možno použiť na monitorovanie a správu fyzického objektu alebo systému v reálnom čase alebo ho použiť na testovanie správania vo vopred definovaných virtuálnych scenároch s cieľom inovovať procesy alebo odhaliť problémy pred implementáciou v realite.

Digitálne dvojčatá sú novou technológiou, ktorá nedávno zaznamenala prudký nárast prípadových štúdií zameraných najmä na riadenie životného cyklu a prediktívne analýzy pre rôzne odvetvia a domény. Táto technológia ponúka možnosť mať hlboký prehľad o vnútorných operáciách akéhokoľvek systému, interakcii medzi rôznymi časťami systému a budúcom správaní v realite. Výskum a implementácia DT sa stali populárnejšími v určitých oblastiach, ako sú okrem iného: inteligentné mestá, logistika, medicína, strojárstvo a automobilový priemysel. Medzi najčastejšie prípady použitia DT v mobilite patria:

- algoritmické plánovanie a optimalizácia trás,
- sledovanie a správa zásielok,
- správa vozového parku,
- Virtualizácia a vizualizácia logistických sietí a infraštruktúry¹².

3.3. Príležitosti a obmedzenia HD máp

 Podpora technológií CAD	 Chýbajúce štandardy
 Zníženie dopravných zápch a zvýšenie bezpečnosti	 Výpočtová náročnosť
 Pochopenie dopytu a ponuky v mobilite	 Latencia
 Presnejšia navigácia, lokalizácia a plánovanie trás	 Aktuálnosť máp
 Možnosť zvýšiť palivovú účinnosť a monitorovať produkciu emisií	 Bezpečnosť a ochrana osobných údajov
 Poskytovanie podkladov pre tvorbu politík	 Náklady na mapovanie

¹¹ GRIEVES, M.; VICKERS, J. 2017. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. ISBN 978-3-319-38756-7.

¹² FUKAWA, N., RINDFLEISCH, A. 2023. Enhancing Innovation Via the Digital Twin.

Príležitosť 1: Podpora technológií CAD

Senzory na moderných autách slúžia ako „oči“ na videnie iných vozidiel, chodcov, dopravných značiek, semaforov a orientačných bodov. HD mapy im poskytujú celý rad výhod, vrátane schopnosti pracovať s informáciami mimo zorné pole kamier, LiDARu a radaru, čo umožňuje navigovať v zložitejších a dynamickejších prostrediach. Mapy vyplňajú túto medzeru najmä pre CAV, v ktorých HD mapy poskytujú ďalšie vrstvy údajov a dávajú kontext tomu, čo „vidia“ senzory auta. Tento trojrozmerný pohľad na prostredie musí byť aktuálny a presný s presnosťou na centimetre. Mapy pre CAV môžu poskytovať statické a dynamické informácie nad rámec jednoduchej navigácie, ako je sklon cesty, zakrivenie a rýchlostné limity, ako aj rýchlosť premávky, dopravné zápchy a dočasné práce na ceste. Jedným z najdôležitejších spôsobov použitia máp je lokalizácia vozidla – proces identifikácie polohy vozidla vo vzťahu k okolitému prostrediu. Použitím senzorov alebo kamerou je možné lokalizovať pomocou vopred vytvorenej mapy, pomocou značenia jazdných pruhov, orientačných bodov alebo celkovej geometrie okolitého prostredia. Okrem toho môžu mapy poskytnúť dodatočnú robustnosť a predvídateľnosť pre plánovanie pohybu CAV, čo umožňuje systému rozlišovať dynamické objekty a detekovať prekážky.

Príležitosť 2: Zníženie dopravných zápch a zvýšenie bezpečnosti

Zvýšenie bezpečnosti cestnej premávky sa vo všeobecnosti prezentuje ako najväčší prínos inteligentnej mobility. Systémy CAD používajú senzory a kamery v kombinácii s HD mapami podporenou navigáciou, vďaka čomu môžu byť naprogramované tak, aby dodržiavali všetky dopravné predpisy a znížili riziko ľudskej chyby. To do istej miery platí aj pre vozidlá na súčasnom trhu, z ktorých mnohé sa vyznačujú nízkou úrovňou automatizácie poskytovanej pokročilými asistenčnými systémami vodiča (ADAS).

HD mapovanie v mobilite preto môže mať významný vplyv na bezpečnosť cestnej premávky tým, že umožní vozidlám poznať ich presnú polohu na ceste, usporiadanie ciest, značenia jazdných pruhov, ako aj potenciálnych prekážok, ktoré sa môžu vyskytnúť na ceste. HD mapovanie môže tiež pomôcť vozidlám určiť najlepšiu trasu, aby sa minimalizoval čas cesty a zvýšila bezpečnosť. To môže pomôcť znížiť dopravné zápchy a zlepšiť plynulosť dopravy, ako aj znížiť riziko nehôd. HD mapovanie môže navyše pomôcť s časovaním semaforov a detekciou zmeny jazdného pruhu, čo umožňuje plynulejší a rýchlejší tok premávky. Technológia digitálneho dvojčata založená na HD mape môže zlepšiť bezpečnosť cestnej premávky a dopravné zápchy tým, že poskytuje presnú simuláciu skutočného prostredia a vozidiel, ktoré v ňom budú fungovať, čo umožní zefektívniť navigáciu a riadenie dopravy v reálnych scenároch bez ohrozenia vodičov alebo chodcov. Túto technológiu možno použiť aj na analýzu dopravných vzorcov a úpravu usporiadania ciest s cieľom znížiť dopravné zápchy a zvýšiť bezpečnosť.

Poskytovaním podrobných máp ciest, chodníkov a iných prvkov dopravy pomáha technológia HD mapovania zvyšovať bezpečnosť zlepšovaním navigácie a poskytovaním aktuálnych informácií o stave ciest a premávke v reálnom čase, čo pomáha aj znižovať pravdepodobnosť nehôd. Pomocou mapovania sa napríklad záchranné zložky môžu rýchlejšie a presnejšie dostať na miesto určenia, posúdiť prostredie, do ktorého vstupujú, a naplánovať najlepšiu možnú trasu do cieľa. Okrem toho môže mapovanie poskytovať aktuálne informácie o premávke a stave ciest v reálnom čase, čo umožňuje záchranárom vyhnúť sa potenciálnym zdržaniam alebo nebezpečenstvám. Technológia HD mapovania v konečnom dôsledku pomáha robiť dopravu bezpečnejšou, efektívnejšou a pohodlnejšou pre všetkých.

Príležitosť 3: Pochopenie dopytu a ponuky v mobilite

HD mapovanie je proces zberu údajov, ktorý umožňuje vytváranie vysoko podrobných digitálnych reprezentácií ciest a iných oblastí a môže sa použiť na pochopenie dopytu po mobilite – napríklad koľko ľudí cestuje z jedného miesta na druhé, počet vozidiel na cestách a priemerná rýchlosť premávky. Tieto údaje sa môžu použiť pri rozhodovaní o tom, ako najlepšie uspokojiť potreby používateľov v oblasti mobility v danej oblasti, napríklad zvýšením dostupnosti služieb verejnej dopravy alebo rozvojom novej dopravnej infraštruktúry.

Tieto údaje môžu byť tiež napríklad použité na určenie najlepších trás, ktorými sa vodiči môžu vydať, najefektívnejšieho spôsobu riadenia premávky a najlepších oblastí pre *ride-hailing* a ďalšie služby. HD mapovanie môže byť tiež použité na detekciu zmien v dopravných vzorcoch, ako sú dopravné zápchy alebo nehody, ako aj na detekciu oblastí s vyšším dopytom po dopravných službách. Všetky tieto údaje sa potom môžu použiť na lepšie pochopenie a riadenie služieb mobility. Technológia digitálneho dvojčaťa podporená HD mapou umožňuje prediktívnu analýzu proaktívnej údržby cestnej infraštruktúry a poskytuje prehľad o správaní cestujúcich. Využitím technológie digitálneho dvojčaťa môžu dopravné agentúry lepšie riadiť zložitosť multimodálnych dopravných sietí a optimalizovať systém pre lepší výkon a efektívnosť.

Príležitosť 4: Presnejšia navigácia, lokalizácia a plánovanie trás

HD mapovanie môže poskytnúť 3D mapu s presnými informáciami o umiestnení objektov a ďalších funkcií, čo umožňuje presnejšiu navigáciu a uľahčuje hľadanie alternatívnych trás. HD mapovanie navyše podporuje možnosť sledovať dopravné údaje v reálnom čase, čo umožňuje efektívne riadenie dopravy a informovanejšie rozhodnutia o trase. Presné sledovanie trasy a polohy vozidla, môže pomôcť znížiť spotrebu paliva a optimalizovať trasu pre efektívnejšiu jazdu. HD mapovanie tiež podporuje integráciu rôznych spôsobov dopravy, čo používateľom umožňuje plánovať cesty, ktoré kombinujú rôzne druhy dopravy, ako je chôdza, cyklistika a verejná doprava.

Príležitosť 5: Podporuje prechod na elektrickú mobilitu

Technológie HD máp a digitálnych dvojčiat sú ideálnymi kandidátmi na ďalší posun inteligentných dopravných systémov na ďalšiu úroveň. Tieto techniky sa rýchlo zavádzajú v energetickom aj dopravnom sektore v dôsledku nevyhnutného prechodu na elektrické vozidlá. V súčasnosti nízke pokrytie a zastaraný systém riadenia nabíjacej infraštruktúry viedli k zlej používateľskej skúsenosti a zvýšeným obavám používateľov. Techniky digitálnych dvojčiat s podporou HD máp umožňujú efektívny dizajn a plánovanie nabíjacej infraštruktúry, čo môže zvýšiť dostupnosť a znížiť závislosť od tradičných palív.

HD mapovanie sa môže použiť na zmapovanie najefektívnejších trás pre elektrické vozidlá – poskytnutím podrobných máp ciest, diaľnic a križovatiek môžu vodiči elektrických vozidiel plánovať svoje cesty tak, aby maximalizovali dojazd svojich vozidiel. To môže pomôcť znížiť potrebu častých zastávok na nabíjanie, čím sa elektrické vozidlá stanú životaschopnejšou voľbou pre dlhšie cesty. HD mapovanie sa môže použiť aj na meranie emisií vozidiel poháňaných alternatívnymi palivami. Tieto údaje sa môžu použiť na pomoc mestám a inštitúciám pri rozvoji politik na zníženie emisií a stimulovaní používania alternatívnych palív.

Príležitosť 6: Poskytovanie podkladov pre tvorbu politík

Nové technológie založené na mapách a senzoch otvárajú príležitosti na produkciu údajov, participáciu občanov (údaje získané prostredníctvom Crowd-sourcingu) a analytické modelovanie. V budúcnosti môže prístup Moje Dáta ponúknuť občanom nové spôsoby zdieľania a spravovania osobných údajov v mobilite. Analytické modely založené na HD mapách môžu byť užitočné v počiatočných fázach tvorby politiky, kde ich možno využiť na identifikáciu nezrovnalostí medzi sektorovými politikami, podporu návrhu politiky a zlepšenie efektívnosti a účinnosti modelovania. Napríklad údaje získané prostredníctvom Crowd-sourcingu na odhad geopriestorových informácií objektov v mestách môže byť integrovaná s 3D virtuálnym modelom mesta pre imerzívnu vizualizáciu, ktorá môže byť použitá na prijímanie informovanejších rozhodnutí. Ďalšie aplikácie tejto technológie pri podpore tvorby politiky zahŕňajú simulácie dopravných scenárov, identifikáciu zraniteľných fyzických objektov v meste v rámci simulácií katastrof a meranie účinkov potenciálnych zásahov plánovanej infraštruktúry na klímu. Tieto scenáre predstavujú prechod v tom, ako možno rozvíjať, formovať a chápať tvorbu politik. Reprezentatívne modely môžu byť veľmi účinným nástrojom v oblasti tvorby politik, čo umožní najmä:

- zobrazíť vplyvy intervencií na celý systém,
- testovať a overovať predpovede, alebo
- simulovať budúci systém.

Obmedzenie 1: Chýbajúce štandardy

Hoci sa všeobecne uznáva, že HD mapy budú kritickým faktorom umožňujúcim autonómne riadenie, zatiaľ nie je jasné, koľko máp alebo vrstiev máp je potrebné, ani reprezentácia alebo formát, ktorý najlepšie funguje pre rôzne funkcie. Je nepravdepodobné, že by jedna mapa spĺňala všetky komplexné požiadavky, no zároveň by 50 rôznych máp pre 50 rôznych funkcií predstavovalo obrovské výzvy pri výpočte, ukladaní, údržbe a aktualizácii. Súčasnou výzvou je identifikovať čo najmenší počet mapovacích formátov, ktoré dokážu uspokojiť všetky potrebné statické a dynamické mapovacie informácie potrebné pre autonómne riadenie.

Štandardy sú pri riešení tohto problému dôležité, pretože poskytujú vzájomné porozumenie, interoperabilitu a uľahčujú súlad so zákonmi a nariadeniami. V súčasnosti OEM automobilov, výrobcovia máp a výskumné inštitúcie vytvárajú svoje vlastné formáty máp šité na mieru ich systémom. To je problematické, pretože nielenže dochádza k zdvojeniu úsilia v úlohe mapovania, ale údaje z iných zdrojov nie sú interoperabilné. Používať vlastné formáty je neefektívne a vedie k vysokým nákladom na prevádzku. Jedným z možných riešení je vytvorenie národného/medzinárodného štandardu pre HD mapovanie¹³, čo by viedlo k vzniku spoločného mapového prostredia na poskytovanie dôveryhodných a neutrálne hostených mapovacích informácií, čo by zvýšilo interoperabilitu a dôveru v zdroj údajov.

Správa z roku 2019 vypracovaná spoločnosťou Zenic¹⁴ v spolupráci s Ordinance Survey (národný mapovací úrad Veľkej Británie) skúmala viac ako 30 rôznych formátov mapových údajov pre autonómne riadenie. Odporúčali sa štyri formáty: 1) LAS 1.2/LAZ pre údaje mračna bodov; 2) OBJ pre terén a 3D

¹³ Aeberhard, M. et al. 2015. Experience, results and lessons learned from automated driving on Germany's highways. doi: 10.1109/MITS.2014.2360306.

¹⁴ Zenic. 2019. Geodata Report-analysis and recommendations for self-driving vehicle testing. <https://zenic.io/content/uploads/2019/07/GeodataReport.pdf>

objekty, ako sú budovy; 3) OpenDrive pre cestné siete založené na dráhach a; 4) ESRI shapefiles pre reprezentáciu širokého spektra špecifických kľúčových vlastností a ich atribútov.

Obmedzenie 2 a 3: Výpočtová náročnosť a Latencia

HD mapy obsahujú oproti tradičným mapám oveľa viac detailov, ako napríklad rozmery jazdných pruhov, vzdialenosť od peších zón, výšky obrubníkov apod. HD mapy vyžadujú preto enormný výpočtový výkon a úložný priestor na vytváranie a spracovávanie týchto dát v reálnom čase. Napríklad 3D mračno bodov pre oblasť 300 × 300 m môže pozostávať z viac ako 250 miliónov bodov, pričom sa odhaduje, že jedno CAV vyprodukuje niečo medzi 11 až 152 TB dát za deň. Mapy pre autonómne riadenie môžu dokonca obsahovať viacero vzájomne prepojených vrstiev, napríklad jednu vrstvu na lokalizáciu a druhú s informáciami o geometrii jazdného pruhu a konektivite, čo ďalej znásobuje veľkosť údajov. Systémy na ukladanie HD máp musia preto byť schopné spracovať obrovské objemy prichádzajúcich a odchádzajúcich údajov a integrovať viacero formátov súčasne.

Súčasný trend sa čoraz viac presúva od lokálne uložených máp ku cloudovým mapám ako službe. Dynamickým streamovaním a sťahovaním mapovacieho obsahu sú čiastočne vyriešené problémy týkajúce sa lokálneho úložiska a aktualizácií. Mapy už nemusia byť uložené lokálne, no cloudová služba prináša rôzne výzvy pri doručovaní údajov – problémy zahŕňajú latenciu a stratu pripojenia¹⁵. Technológia 5G sľubuje prenosové rýchlosti 5 Gbps a latenciu pod 10 ms, čo môže znížiť oneskorenia pri doručovaní HD máp.

Obmedzenie 4: Aktuálnosť máp

Cesty a prvky cestnej infraštruktúry v prostredí sa menia, preto je potrebné aktualizovať mapy, aby odrážali aktuálny stav. Udržiavanie HD máp v aktuálnom stave si bude vyžadovať neustále opätovné mapovanie a synchronizáciu dátových zdrojov. Údržba viacerých mapových reprezentácií pomocou údajov z rôznych zdrojov v rôznych mierkach vyžaduje proces aktualizácie, ktorý dokáže rozpoznať rozdiely medzi novými údajmi a uloženými reprezentáciami. Systém musí byť tiež schopný zachytiť akékoľvek nové zmeny v prostredí, napr. dočasné práce na ceste, a šíriť ich cez všetky dátové vrstvy. Napríklad správa z roku 2018¹⁶ analyzovala 80 km zmapovaných nemeckých diaľnic a ukázala, že 41 % obsahuje neaktuálne informácie. Diskrepancie zahŕňali nové značenie jazdných pruhov, zvodidlá, povrchy vozoviek ako aj kompletne rekonštrukcie.

Obmedzenie 5: Bezpečnosť a ochrana osobných údajov

Určovanie polohy s presnosťou na úrovni centimetrov môže narušiť práva používateľa na súkromie, ak sa ignorujú opatrenia na ochranu osobných dát. Hoci zdieľanie lokácie môže ponúknuť množstvo výhod, môže jednotlivca vystaviť napríklad cielenému marketingu tretích strán. Tiež vznikajú obavy, kto vlastní tieto informácie, kto ich kontroluje a ako sa používajú. Schoonmaker (2016)¹⁷ poukazuje na súčasné nedostatky

¹⁵ HUSSAIN, R. a ZEADALLY, S. 2019. Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges. doi: 10.1109/COMST.2018.2869360.

¹⁶ PAULS, J. H. et al. 2018. Can We Trust Our Maps? An Evaluation of Road Changes and a Dataset for Map Validation. doi: 10.1109/ITSC.2018.8569249

¹⁷ Joshua Schoonmaker (2016) Proactive privacy for a driverless age, Information & Communications Technology Law, 25:2, 96–128, DOI: 10.1080/13600834.2016.1184456

ochrany údajov o polohe používateľov. Taeihagh a Lim (2019)¹⁸ však tvrdia, že príliš prísne a nadmerné predpisy na ochranu súkromia môžu brániť technologickému pokroku. V konečnom dôsledku musí byť možné spracovávať údaje pri dodržaní opatrení na ochranu súkromia, aby sa vytvorili služby pre používateľov a umožnili sa bezpečnejšie a spoľahlivejšie prípady použitia.

Obmedzenie 6: Náklady na mapovanie

Vysoké náklady na vývoj vysoko presných máp sú bežným problémom. Faktory súvisiace s pretrvávajúcimi vysokými nákladmi na riešenia HD mapovania sú rôzne (viď obmedzenia vyššie): výpočtová náročnosť, vývoj a údržba máp, obstaranie technológie LiDAR, kamier, lokalizačných senzorov a integrácia schopností umelej inteligencie sú jedny z hlavných príčin vysokých nákladov. Niektorí výrobcovia HD máp v USA uviedli svoje náklady ako 5,000.00 USD za kilometer¹⁹. Najvyššie náklady však pochádzajú z údržby HD máp. Nepresnosti čo aj len niekoľko metrov nie sú pre HD mapy prijateľné, takže je potrebné neustále udržiavať údaje s najvyššou presnosťou. Poprední hráči na trhu s HD mapami, ako sú TomTom, Google, HERE atď., sústreďujú väčšinu svojho úsilia na interný výskum a vývoj s cieľom nájsť inovatívne a nákladovo efektívne spôsoby spracovania získaných údajov pomocou aplikácií ML/AI, ktoré by následne znížili náklady. Partnerstvá s takýmito aktérmi môže byť kľúčové pre zníženie nákladov.

¹⁸ raz Taeihagh & Hazel Si Min Lim (2019) Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks, Transport Reviews, 39:1, 103–128, DOI: 10.1080/01441647.2018.1494640

¹⁹ https://www.usenix.org/sites/default/files/conference/protected-files/nsdi20_slides_ahmad.pdf

4. MOŽNOSTI INTEGRÁCIE DÁTOVÝCH ZDROJOV DO KONCEPTU DÁTOVEJ PLATFORMY

Obrázok 6: Identifikácia integrácie dátových zdrojov do konceptu dátovej platformy podľa prípadu použitia



4.1. A1. Monitorovanie a štatistika dynamických prvkov v doprave

HD mapovanie dynamických prvkov v doprave je prax používania technológie mapovania s vysokým rozlíšením na lokalizáciu a sledovanie objektov, ktoré sa pohybujú dopravným systémom, ako sú autá, nákladné autá, autobusy, vlaky a iné mobilné objekty, ako sú lode a drony. HD mapovacie systémy často využívajú kombináciu rôznych senzorov, ako je LiDAR, RADAR alebo HD kamery (podporené AI modelmi), na zber údajov o prostredí a objektoch. Tieto údaje sa potom spracúvajú na sledovanie a zobrazenie presnej polohy vozidiel v pohybe.

HD mapovanie umožňuje vytváranie podrobných, aktuálnych máp, ktoré možno použiť na lepšie pochopenie dopravných vzorcov a na prijímanie lepších rozhodnutí o tom, ako zlepšiť mobilitu a zvýšiť bezpečnosť dopravy. Mapovanie dynamických objektov v mobilite navyše poskytuje lepší prehľad o ich prostredí, čo im umožňuje lepšie riadiť riziká a reagovať na trendy v mobilite. Mapovanie dynamických objektov v mobilite sa preto stáva čoraz dôležitejším pre pochopenie mobility v mestách.

Kvalitné a presné monitorovanie dopravy v reálnom čase preto patrí medzi spôsoby pre vytváranie štatistík o izolovanej aj celkovej vyťaženosti cestných úsekov, či následne kalkuláciu prepravených osôb. Na monitorovanie dopravy sa v takomto prípade používa forma statického HD kamerového prieskumu. HD kamery je možné umiestňovať v rámci intravilánov a extravilánov obcí a miest od rýchlostných, až po obslužné komunikácie. Pre potreby kalibrácie v prípade nedostatočného počtu HD kamier sa odporúča doplniť takéto monitorovanie o ASD sčítače, prípadne použitím Telco, či GPS mapovania. Takéto štatistiky sa následne spolu so štatistikami o verejnej, či nákladnej doprave používajú v dopravnom modelovaní a plánovaní, či v zvyšovaní bezpečnosti premávky. V rámci monitorovania jednotlivých osobných vozidiel sa preferuje snímanie zachytávajúce celé vozidlo na určenie typu vozidla (osobný automobil, motocykel, nákladné auto, autobus apod.) a ŠPZ. Takéto zábery nachádzajú použitie v identifikácii zdrojových a koncových bodov prepravy, pri identifikácii tranzitu cez územie, pre napárování na register vozidiel a následne pri emisnom a hlukovom modelovaní a modelovaní spotreby pohonných hmôt a energie. Ďalšie potenciálne využitie monitorovania dynamických prvkov v doprave je v inštitúte objektívnej

zodpovednosti (prejazd na červenú, jazda v BUS pruhu, státie v tzv. Yellow boxoch – napr. V križovatke, prejazd cez zákazovú značku – napr. Zákaz vjazdu a pod.).

Obrázok 7: sémantická segmentácia obrazu



Ukážka (hore) úloh počítačového videnia: rozpoznávanie obrazu (*Image Recognition*) – klasifikuje celý obraz jedným štítkom; segmentácia obrazu (*Image Segmentation*) – husto klasifikuje každý pixel jedným štítkom; detekcia objektov (*Object Detection*) – lokalizuje a klasifikuje objekty cez ohraničujúci rámček; a segmentácia inštancií (*Instance Segmentation*) – poskytuje jedinečné triedy pre každú inštanciu špecifického objektu; detekcia hrán (*Edge Detection*) – klasifikuje hranice objektov, ktoré sa vykonávajú buď binárne alebo s viacerými triedami.

Tabuľka 4: Popis prípadu použitia: Monitorovanie a štatistika dynamických prvkov v doprave

Monitorovanie a štatistika dynamických prvkov v doprave	
Požiadavky na základnú mapovú vrstvu	– Digitálna mapa na úrovni jazdných pruhov – Aktualizácia mapy (nízka frekvencia)
Požiadavky na dátovú základňu	– Integrácia dynamických informácií pomocou IoT (napríklad monitoring premávky pomocou senzorov) – Vytvorenie ML modelu na detekciu jazdných pruhov, typu vozidla – Vytvorenie analytického modulu a modulu na zdieľanie otvorených dát – Prepojenie na IS MV SR, IS MD SR, IS SSC, IS NDS

4.1.1. Zahraničná skúsenosť: SENSORS4RAIL (Deutsche Bahn, DE)

Tabuľka 5: Prehľad zahraničnej skúsenosti – DE

SENSORS4RAIL (DE)	
Prípado použitia:	Monitorovanie a štatistika dynamických prvkov v doprave
Cieľ projektu:	Integrácia senzorov s HD mapami pre lokalizáciu vlakov
Rok realizácie:	2021

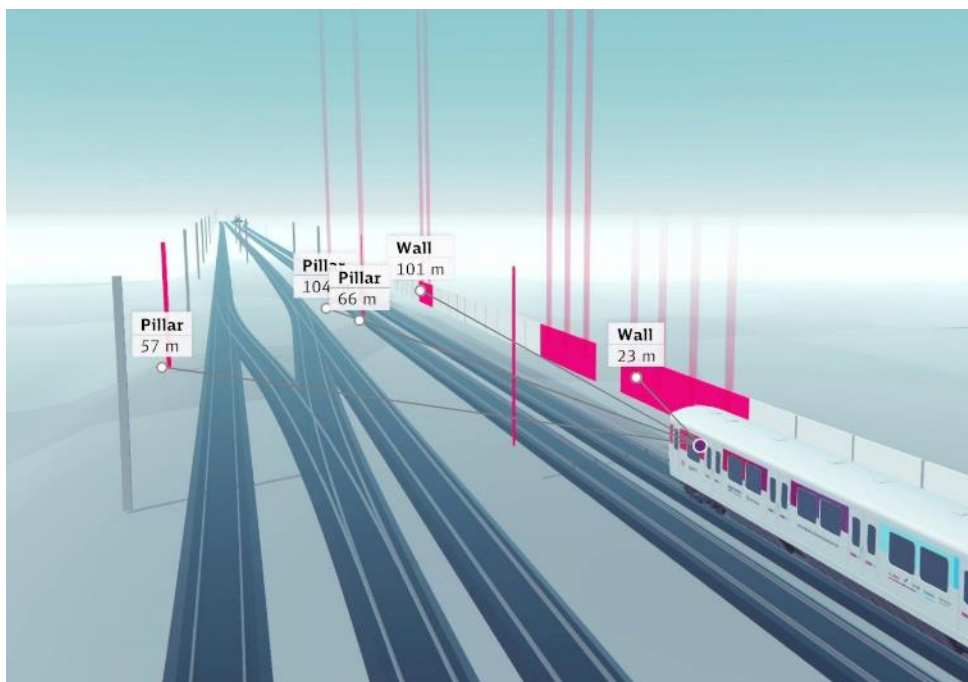
SENSORS4RAIL (DE)

Rozsah:	Národný (Pilot)
----------------	-----------------

Spoločnosť HERE Technologies poskytla HD mapovaciu technológiu pre projekt Sensors4Rail (*Deutsche Bahn*). Projekt bol navrhnutý tak, aby otestoval, ako vnímanie prostredia a technológia lokalizácie vlakov interagujú s digitálnymi mapami. Na tento účel boli do skúšobného vlaku S-Bahn Hamburg integrované senzory, výpočtová technika a softvér. Tento systém poskytol presné informácie o okolí a polohe vlaku v reálnom čase. Vďaka tomu sa mapa stáva „digitálnym dvojčatom“, čo umožní rýchlo odhaliť a klasifikovať prekážky na trati a vedľa nej, ako aj posúdiť nebezpečenstvá.

HD mapa pre projekt bola postavená na lokalizačnej platforme HERE, ktorá poskytuje súkromné vývojové prostredie na správu údajov. Táto technológia umožnila rýchlo odhaľovať a klasifikovať prekážky na trati a vedľa nej, ako aj posúdiť nebezpečenstvá. To zohráva kľúčovú úlohu pri vývoji asistenčných systémov a príprave na autonómnú prevádzku. Senzory umiestnené na vozidle navyše automaticky hlásili potrebu na údržbu a akúkoľvek hroziacu poruchu. V konečnom dôsledku toto nastavenie technológie umožnilo zvýšiť kapacitu na trati²⁰.

Obrázok 8: SENSORS4RAIL – Využitie senzorov pre zvýšenie bezpečnosti v železničnej doprave



²⁰ <https://digitale-schiene-deutschland.de/en/Sensors4Rail>

4.2. A2. Monitorovanie a štatistika statických prvkov v doprave

Mapovanie statických prvkov v doprave je proces, pri ktorom sa fyzické objekty, ako sú budovy, zastávky, semaforey, dopravné značenie a iné trvalo umiestnené objekty, mapujú do digitálneho prostredia. Tento proces poskytuje množstvo výhod, ako je zlepšená navigácia a presnosť polohy, zvýšená bezpečnosť a zvýšené situačné povedomie.

Mapovaním statických objektov v digitálnom prostredí môžu používatelia presne a rýchlo lokalizovať a interagovať s konkrétnymi objektmi alebo funkciami. To môže byť užitočné pre rôzne aplikácie v doprave, logistike a urbanistického plánovania. Okrem toho mapovanie statických objektov môže poskytnúť prehľad o dynamike oblasti, čo umožňuje lepšie rozhodovanie. Táto kapitola sa bude zaoberať výhodami mapovania a následnej pasportizácie statických objektov v doprave a rôznymi spôsobmi využitia tejto technológie. Mapovanie infraštruktúry je nevyhnutnou súčasťou jej pasportizácie. Zahŕňa zber údajov o polohe, rozmeroch cestných prvkov, počte jazdných pruhov a technickom stave cestnej infraštruktúry. Tieto údaje sa potom môžu použiť na vytvorenie mobiliáru mesta a cestnej infraštruktúry, navigačných máp pre ľudí so zdravotným postihnutím, nástrojov na rýchle posúdenie uskutočniteľnosti projektov a uľahčenie plánovania infraštruktúry.

Tabuľka 6: Popis prípadu použitia: Monitorovanie a štatistika statických prvkov v doprave

Monitorovanie a štatistika statických prvkov v doprave	
Požiadavky na základnú mapovú vrstvu	– Mapa založená na metóde 3D mapovania mračna bodov (napríklad technológiou LiDAR) – Aktualizácia mapy (Stredná frekvencia)
Požiadavky na dátovú základňu	– Integrácia statických informácií (napríklad budovy, mobiliár mesta) – Vytvorenie ML modelu na rozpoznávanie objektov – Vytvorenie dátového úložiska – Integrácia na lokalizačné registre, IS CSRÚ

4.2.1. Zahraničná skúsenosť: RIACT (UK)

Tabuľka 7: Prehľad zahraničnej skúsenosti – UK

RIACT (UK)	
Prípád použitia:	Monitorovanie a štatistika statických prvkov v doprave
Cieľ projektu:	Mapovanie prvkov cestnej infraštruktúry pre spresnenie údajov
Rok realizácie:	2019
Rozsah:	Národný (najmä Manchester, Londýn)

V máji 2019 Mobileye a Ordnance Survey (britský národný mapovací úrad), začali spoločný projekt s názvom RIACT (*Roadside Infrastructure Asset Capture Trial*). Projekt bol vyvinutý pre potrebu mať

aktuálne, konzistentné a spoľahlivé mapovanie všetkých prvkov cestnej infraštruktúry. Najmä organizácie poskytujúce verejné služby čelia dileme potreby zlúčiť údaje zozbierané v priebehu desaťročí a vymazať nepresné informácie. Ročne program vykoná viac ako 6,5 milióna pozorovaní viac ako 1 700 000 unikátnych objektov. Patrí medzi nich 500 tis. stĺpov, 800 tis. značiek apod., 375 tis. poklopov a odvodňovacích vpustí, 40 tis. šípok smeru cesty, 23 tis. prípadov poškodenia ciest a 20 tis. semaforov²¹.

Obrázok 9: RIACT – Pasportizácia objektov v meste



4.3. B. Poskytovanie nástrojov na rozhodovanie

Mapovanie je čoraz dôležitejším nástrojom na vytváranie analytických modelov vrátane dopravy. Pomocou mapovacích nástrojov môžu odborníci v oblasti dopravy vytvárať vizuálne reprezentácie dopravného systému, čo umožňuje lepšie pochopiť, ako systém funguje a ako ho zlepšiť. Mapovanie mobility tiež poskytuje schopnosť identifikovať trendy a vzorce v dopravnom systéme a vytvárať prediktívne modely budúcich dopravných potrieb. Medzi výhody mapovania mobility patrí lepšie rozhodovanie, lepšie využívanie zdrojov a zvýšená efektívnosť prepravy osôb a tovaru. Nové technológie pokročilých analýz údajov a strojového učenia, umožňujú vytvárať reprezentatívne analytické modely komplexných systémov, na ktorých možno testovať a overovať predpovede, simulácie budúce systémy a intervencie. Takéto prístupy pomáhajú pri tvorbe efektívnych politík, simulovaní dopravných scenárov a identifikovaní zraniteľných miest.

HD mapovanie je pre tvorcov politík čoraz dôležitejším nástrojom, ktorý môžu využiť na podporu svojho úsilia o zlepšenie (mestskej) mobility a dostupnosti. Začlenením analytických modelov na základe

²¹ <https://ims.mobileye.com/data/en/case-study/ordnance-survey-mobileye-create-a-new-type-of-data-collection/>

mapovania do procesov tvorby politík a stratégií môžu hlbšie porozumieť prostrediu a tomu, ako rôzne prvky navzájom pôsobia. To môže pomôcť vytvoriť plány, ktoré sú viac prispôsobené ich konkrétnemu problému a potrebám obyvateľstva. Modely z údajov z HD mapovania môžu okrem toho pomôcť identifikovať príležitosti na zlepšenie, ako aj odhaliť neefektívnosť existujúcom systéme prepravy ľudí a tovaru. Všetky tieto prínosy prispievajú k vytváraniu účinnejších plánov a politík mobility, ktoré môžu v konečnom dôsledku zlepšiť kvalitu života občanov.

HD mapy možno napríklad využiť na prípravu plánu udržateľnej mestskej mobility (PUM), ktorý možno opísať ako strategický plán určený na skvalitnenie mobility ľudí a tovaru v mestách a ich okolí s cieľom zlepšiť kvalitu života. Stavia na existujúcich plánovacích postupoch a náležite zohľadňuje integráciu, participáciu a princípy kvantitatívneho hodnotenia. PUM bol navrhnutý tak, aby účinnejšie riešil problémy súvisiace s dopravou v mestských oblastiach. PUM je štruktúrovaným procesom, v ktorom sa vytvárajú vízie, stanovujú ciele, vyberajú sa politiky a opatrenia a prebieha aktívna komunikácia, monitorovanie a hodnotenie. PUM prispieva k dosiahnutiu európskych klimatických a energetických cieľov stanovených lídrami EÚ. Komisia presadzovala PUM ako novú koncepciu plánovania, ktorá dokáže riešiť výzvy a problémy mestských oblastí súvisiace s dopravou udržateľnejším a interaktívnejším spôsobom.

Tabuľka 8: Popis prípadu použitia: Poskytovanie nástrojov na rozhodovanie

Poskytovanie nástrojov na rozhodovanie	
Požiadavky na základnú mapovú vrstvu	– Geometrická mapa na úrovni jazdných pruhov – Aktualizácia mapy (Nízka frekvencia)
Požiadavky na dátovú základňu	– Integrácia statických dát a sémantických informácií (napríklad pravidiel cestnej premávky) – Vytvorenie analytického modulu (Digitálne dvojča) a modulu na zdieľanie otvorených dát – ML model zohľadňuje dopravné aj socioekonomické a iné informácie (napríklad na základe prieskumov)

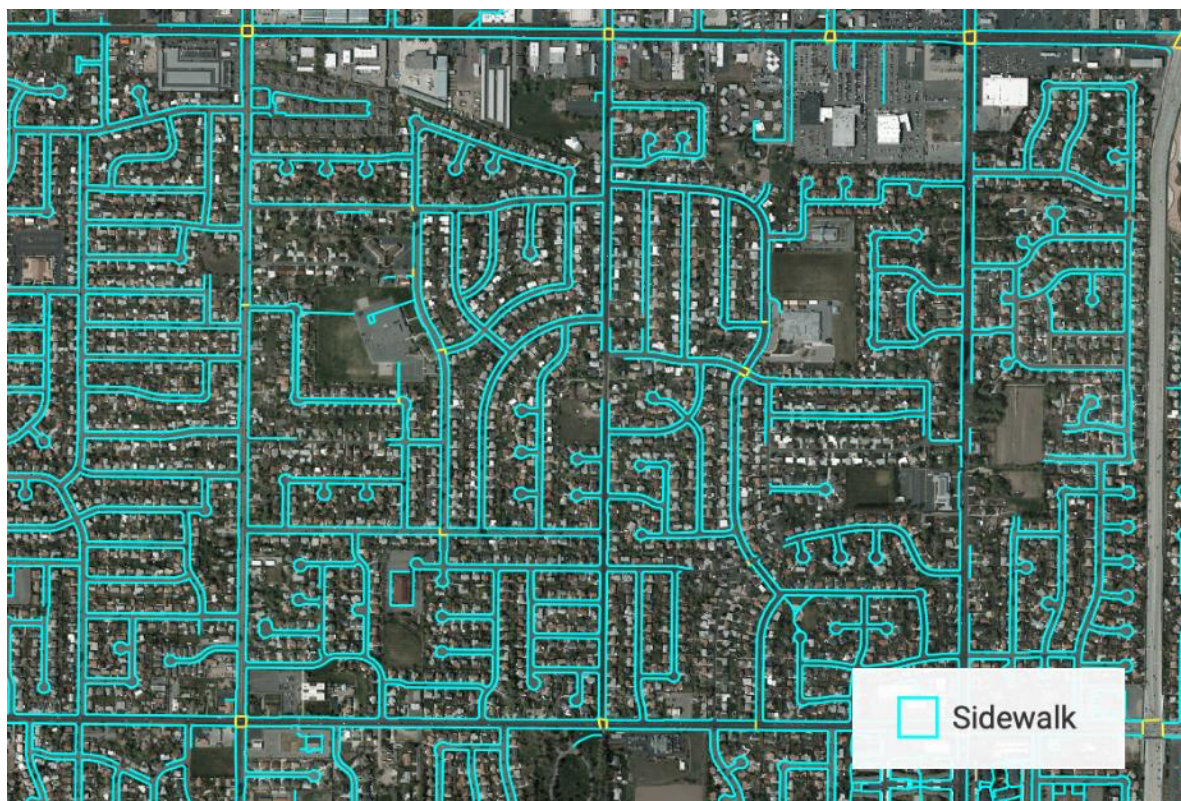
4.3.1. Zahraničná skúsenosť: Bezpečnosť chodcov a dopravné inžinierstvo (SEMCOG, USA)

Tabuľka 9: Prehľad zahraničnej skúsenosti – USA

Bezpečnosť chodcov a dopravné inžinierstvo (USA)	
Prípád použitia:	Poskytovanie nástrojov na rozhodovanie
Cieľ projektu:	Mapovanie chodníkov a prechodov pre zvýšenie bezpečnosti a zlepšenie plánovania cestnej infraštruktúry.
Rok realizácie:	2019
Rozsah:	7 okresov štátu Michigan (SEMCOG)

Rada samospráv juhovýchodného Michiganu (SEMCOG) sa obrátila na spoločnosť Ecopia, s cieľom vykonať mapovanie chodníkov a prechodov v celom regióne, čím sa zabezpečila presnosť údajov o doprave v celom regióne. Vďaka využitiu algoritmov strojového učenia dokázali lepšie plánovať projekty týkajúce sa dopravy a zvýšiť bezpečnosť mobility na chodníkoch. HD mapovanie bolo urobené s presnosťou na profesionálnej úrovni (GIS) a s veľkou rýchlosťou, čo umožnilo robustné hodnotenie mobility a bezpečnosti.

Obrázok 10: SEMCOG – Simulácia dopravy pomocou digitálnych dvojčiek



4.4. C. Poskytovanie nástrojov pre testovanie CAV technológií

Presné údaje vrátane máp sa stali základným prvkom prepojenej autonómnej a inteligentnej mobility. V autonómnej mobilite sa mapovanie používa na vytváranie a aktualizáciu digitálnych modelov prostredia s cieľom umožniť vozidlám presnú navigáciu v reálnom čase a informácie o polohe, stave ciest a okolitej infraštruktúry. Dátová infraštruktúra a znalostná báza umožňujú vývoj nových konceptov mobility a testovanie technológií CAD v rámci pilotných projektov. Prostredníctvom mapovania je možné mestá a dopravné siete optimalizovať tak, aby sa maximalizovala bezpečnosť a vhodnosť pre testovanie nových konceptov inteligentnej mobility.

Informácie z HD máp sa používajú na podporu mnohých funkcií autonómnej jazdy od lokalizácie, ovládania vozidla, plánovania pohybu a riadenia systému. Mapy pre CAV môžu poskytovať statické a dynamické informácie nad rámec jednoduchšej navigácie, ako je napríklad sklon cesty, zakrivenie a rýchlostné obmedzenia, ako aj rýchlosť premávky, dopravné zápchy a dočasné práce na ceste. V súčasnej dobe je jedným z hlavných použití HD máp v pilotných projektoch lokalizácia vozidla vo vzťahu k okolitému prostrediu. Pomocou snímačov dosahu alebo kamery je možné lokalizovať vozidlo na vopred zostavenej HD

mape pomocou značenia jazdných pruhov, orientačných bodov, stĺpov, intenzity LiDAR alebo celkovej geometrie okolitého prostredia. Na účely lokalizácie sa dokonca testuje aj snímanie základnej geológie radarom prenikajúcim do zeme. HD mapy môžu tiež pomôcť predpovedať blokovanie, odraz a difrakciu dostupnosti satelitného signálu pre určovanie polohy globálneho navigačného satelitného systému GPS alebo Galileo (GNSS).

Tabuľka 10: Popis prípadu použitia: Poskytovanie nástrojov pre testovanie CAV technológií

Poskytovanie nástrojov pre testovanie CAV technológií	
Požiadavky na základnú mapovú vrstvu	– Mapa založená na metóde 3D mapovania mračna bodov pomocou technológie LiDAR – Základom pre vytváranie mapovej vrstvy pre pilotné CAD projekty je predovšetkým vysokopresné mapovanie priestoru v kombinácii s dátami o statickej geometrii vozovky – jazdné pruhy zamerané pomocou GNSS na presnosť do 2 cm. – Aktualizácia mapy (vysoká)
Požiadavky na dátovú základňu	– Integrácia statických (infraštruktúra), dynamických (premávka) a sémantických informácií (pravidlá) – Integrácia GNSS zameriavanie. – Podkladové vrstvy by mali zahŕňať čo najširší a najpresnejší diapazón Statických prvkov (stav a dimenzie infraštruktúry, umiestnenie prvkov a pod.) a informácie o všetkých druhoch dopravy, vyťažnosti a typológii pričom následné nástroje by mali byť schopné strojového učenia pre potreby zvyšovania bezpečnosti a plynulosti pilotov. Dôležité sú aj dáta o premávke v týchto úsekoch v reálnom čase.

4.4.1. Zahraničná skúsenosť: DRIVE PILOT (DE)

Pred 2 rokmi spoločnosť Mercedes-Benz oznámila, že nasadili HERE HD Live Map ako súčasť svojho systému DRIVE PILOT. Systém využíva údaje v reálnom čase na identifikáciu zmien na ceste, ako sú zmeny jazdných pruhov alebo stavebné práce, a potom poskytuje vodičovi vozidla pokyny k jazde, ktoré mu pomôžu jazdiť bezpečnejšie. HERE Mapy tiež obsahujú podrobné informácie o cestnej infraštruktúre, ako sú šírky jazdných pruhov, rýchlostné limity a dopravné signály, čo pomáha predvídať a reagovať na prekážky a umožňuje robiť najlepšie rozhodnutia. Mercedes-Benz je hlavným výrobcom automobilov, ktorý používa túto technológiu.

Obrázok 11: DRIVE PILOT – Testovacia jazda CAV



Tabuľka 11: Prehľad zahraničnej skúsenosti – DE

DRIVE PILOT (DE)	
Prípád použitia:	Poskytovanie nástrojov pre testovanie CAV technológií
Cieľ projektu:	Cieľom projektu bolo nasadenie HERE HD Live Map pre svoj systém DRIVE PILOT. Tento systém umožňuje vozidlám Mercedes-Benz presne detekovať a predpovedať svoje prostredie v reálnom čase, čo umožňuje bezproblémovjšiu a bezpečnejšiu automatizovanú jazdu. HD Live Map poskytuje mapové informácie vo vysokom rozlíšení (HD) a používa sa na vytvorenie aktuálneho povedomia o polohe vozidla a prostredí, čím sa zaisťuje, že systém DRIVE PILOT je bezpečný a efektívny.
Rok realizácie:	2021
Rozsah:	Mníchov, Nemecko

5. IDENTIFIKÁCIA RELEVANTNÝCH POSKYTOVATEĽOV DÁT (MAPOVACIE SLUŽBY)

Táto kapitola prináša prehľad mapovacích služieb, vrátane zahraničných, a ich dostupnosti na Slovensku. Preskúmame tiež rôzne ďalšie mapovacie a lokalizačné dátové služby a poskytneme porovnanie odporúčaných HD mapovacích služieb a ich funkcií. Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť hĺbkový pohľad na rôzne HD mapovacie služby a ich technologické štandardy, čo umožňuje urobiť informované rozhodnutie pri výbere poskytovateľa služieb.

5.1. Prehľad služieb HD mapovania

Táto kapitola poskytuje prehľad aktuálne dostupných mapovacích služieb vo vysokom rozlíšení. Celkovo bolo identifikovaných osem hlavných poskytovateľov HD mapovacích služieb. Štyri z nich neposkytujú služby na Slovensku. Dvaja poskytovatelia zatiaľ neodpovedali a zvyšní dvaja, TomTom a HERE Technologies, poskytujú služby na Slovensku. V ďalších kapitolách vďaka týmto zisteniam podrobnejšie preskúmame funkcie a služby ponúkané týmito dvoma poskytovateľmi.

Tabuľka 12: Prehľad služieb HD mapovania

Názov poskytovateľa	Názov služby	Dostupnosť pre SR
Baidu	Baidu Apollo Open Platform (CHN)	✗
Bosch	Bosch Map services	N/A
Dynamic Map Platform Co. (predtým Ushr)	DMP High-Precision 3D Map data (JAP)	N/A
HERE Technologies (Nokia, BMW, Navteq, Daimler, VIAC)	HERE HD Live Map (NL, USA)	✓
ÚUPV SR	IS UPV (SK)	✓
Luminar	Civil Maps (DE)	✗
MapBox	MapBox (CAN)	✗
NVIDIA (predtým DeepMap)	NVIDIA DRIVE Map (USA)	✗
TomTom	TomTom HD Map (NL)	✓
ÚGKK SR	Mapový klient ZBGIS (SK)	✓

Tabuľka 13: Prehľad ostatných dostupných služieb mapovania, dátových podkladov a lokalizácie

Názov spoločnosti	Názov služby
Autonavi (CHN)	-
Esri (USA)	ArcGIS Online
Sanborn Map Company	Sanborn HD Maps For Autonomous Driving (USA)
Waymo	Waymo HD Maps (USA)
Woven Planet (Toyota, predtým Carmera)	Woven Planet GEO (JAP)
Zenrin	Zenrin 3D maps (USA)
IoMobility Solutions	-
Mobilyze	-
Swift Navigation	Skylark
ASAM	OpenDRIVE

5.2. Zahraniční poskytovatelia

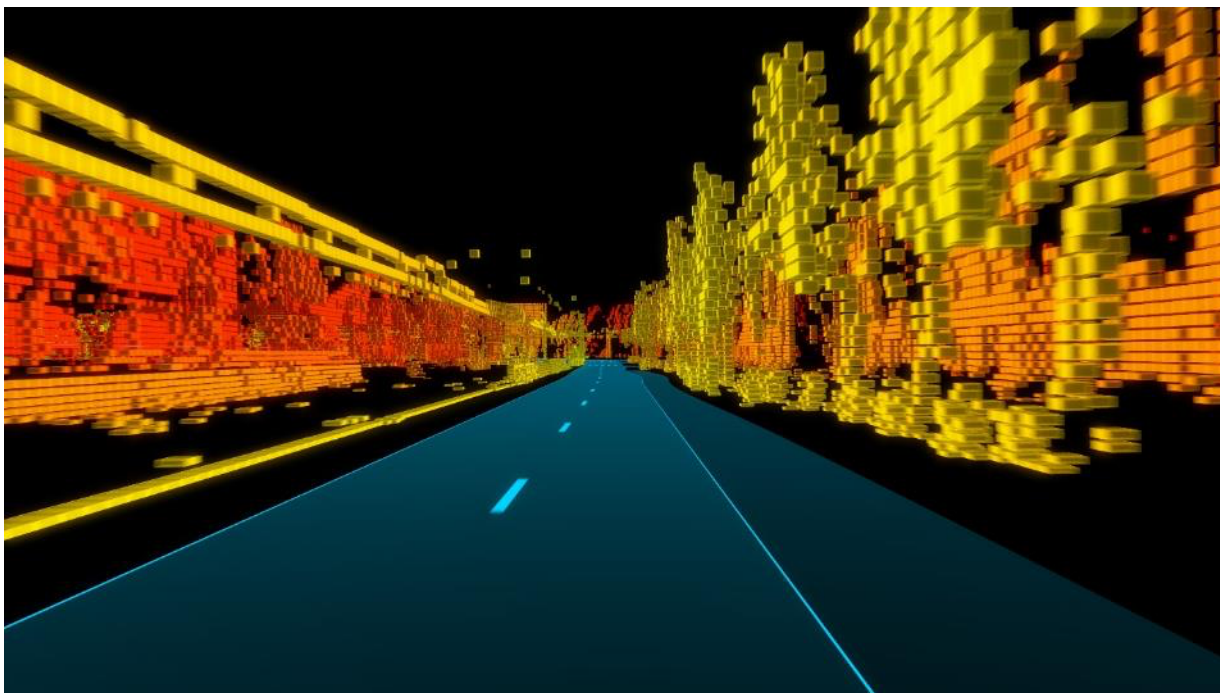
5.2.1. TomTom, NL (TomTom HD Map)

Spoločnosť TomTom je priekopníkom v oblasti HD máp tým, že v roku 2015 uviedla na trh prvú komerčnú HD mapu. TomTom HD Map je koncipované ako vysoko presné zobrazenie ciest a obsahuje množstvo atribútov vrátane modelov jazdných pruhov, dopravných značiek, cestnej infraštruktúry a geometrie jazdných pruhov s presnosťou až na niekoľko centimetrov. TomTom HD Map možno použiť na automatizovanú jazdu, konkrétne na úlohu presne lokalizovať vozidlo na ceste, podporiť senzory vozidla pochopením okolia a plánovať manévry. Vďaka týmto vlastnostiam možno TomTom HD Map použiť na umožnenie a zlepšenie rôznych funkcií automatizácie jazdy, až po automatizáciu úrovne 5.

Presné určenie polohy vozidla robustným a škálovateľným spôsobom je kľúčovým prvkom výzvy autonómneho riadenia. Keďže tradičné riešenia GPS neposkytujú presnosť a robustnosť potrebnú pre autonómnu jazdu, spoločnosť TomTom vyvinula inovatívny produkt RoadDNA, ktorý rieši problém lokalizácie. Technológia RoadDNA konvertuje 3D dáta na 2D dáta, pričom vzdialenosť od objektu je zobrazená farbami, čo znižuje náklady na spracovanie dát²².

²² <http://download.tomtom.com/open/banners/RoadDNA-Product-Info-Sheet-1.pdf>

Obrázok 12: TomTom RoadDNA



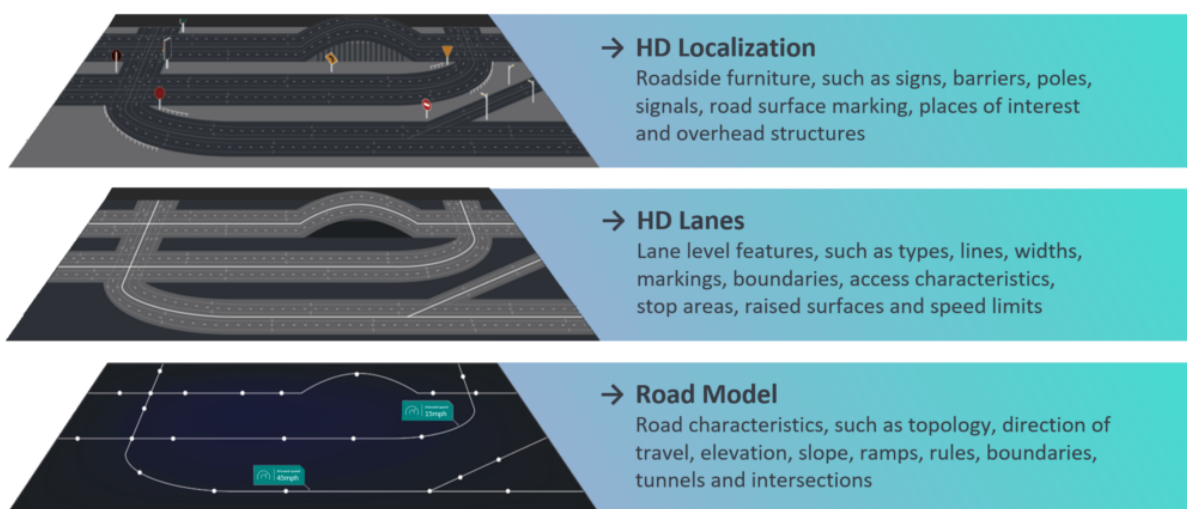
5.2.2. HERE Technologies, NL (HERE HD Live Map)

HERE Technologies je významná mapovacia spoločnosť v Európe, ktorá vyvíja vysoko presné mapové údaje pre mobilitu vrátane automatizovanej jazdy. Ich HD mapy sa automaticky aktualizujú pomocou údajov nameraných palubnými senzormi, čo vedie k nižším nákladom na aktualizáciu.

HERE HD Map obsahuje podrobné funkcie pre modelovanie cestných sietí, ako sú geometria ciest, rýchlostné obmedzenia, značky, a umožňuje prípady použitia, ako je plánovanie trás, podrobná navigácia, pokročilá navigácia pre osobné a nákladné automobily, business intelligence atď. HD Lane Model poskytuje presné detaily na úrovni jazdného pruhu, ktoré pomáhajú ADAS systémom a autonómnym vozidlám. Riešenie tiež ponúka topológiu a geometriu jazdných pruhov s vysokým rozlíšením, modelovanú pomocou 3D pozícií, podporenú lokalizačnou vrstvou, ktorá obsahuje presný cestný mobiliár, ako sú značky a stĺpy.

HERE HD Live Map pomáha vozidlám pochopiť ich presnú polohu a okolie. Produktom je veľmi podrobná cloudová mapa, ktorá sa aktualizuje takmer v reálnom čase pomocou údajov zo senzorov z pripojených vozidiel a infraštruktúry. HERE HD Live Map umožňuje plánovať nad rámec viditeľnosti senzorov, aplikovať kontextové povedomie o svojom prostredí a spracovávať miestne pravidlá cestnej premávky s cieľom robiť bezpečnejšie a proaktívnejšie rozhodnutia o jazde.

Obrázok 13: Vrstvy HERE HD Live Map



5.3. Slovenskí poskytovatelia

5.3.1. Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ZBGIS)

Mapový klient ZBGIS je webová mapová aplikácia, ktorá slúži na interaktívnu prácu s údajmi ZBGIS, digitálnymi údajmi katastra nehnuteľností, registrom adries, registrom pôdy LPIS, referenčnými geodetickými bodmi, rastrovými mapami z archívu ako aj s digitálnym modelom reliéfu (terénu), ortofotosnímami a geografickými názvami. Je to komplexný nástroj pre zobrazovanie, vyhľadávanie a analýzu priestorových údajov a mapových služieb ZBGIS, ESKN. Aplikácia umožňuje pridávanie údajov z externých zdrojov, či už zo súborov bežne podporovaných digitálnych formátov pre priestorové údaje (SHP, DGN, DXF, GML, GPX, VGI, GeoPackage, GeoJSON, SpatialLite, SQLite) alebo formou webových mapových služieb (WMS, WMTS).

Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR) oznámil, že v máji 2023 dokončil projekt vytvorenia digitálnych modelov reliéfu (DMR 5.0) a povrchu (DMP 1.0). Údaje týkajúce sa týchto modelov boli postupne od roku 2019 uvoľnené na využitie a štandardná výšková presnosť týchto modelov je lepšia ako 0,15 metrov. Projekt bol realizovaný leteckým laserovým skenovaním, od západu Slovenska smerom na východ, a finančne ho stálo 5,6 milióna eur. Výsledkom je potom trojrozmerný model zemského povrchu, ktorý zahŕňa aj samotný terén, rastlinstvo a objekty, ako napríklad budovy alebo mosty. Zároveň úrad už rozbehol aj druhý cyklus leteckého laserového skenovania, ktorým bude dostupný zvýšený počet bodov s presnejšími informáciami. Modely sú dostupné cez Mapový klient ZBGIS a sú zadarmo.

5.3.2. Úrad pre územné plánovanie a výstavbu SR (IS UPV)

Informačný systém územného plánovania a výstavby je od počiatku plánovaný ako integrálna súčasť procesov územného plánovania a stavebného konania. Základný cieľ je vytvorenie elektronických nástrojov, ktoré podporia a transformáciu plánovania aj výstavby do rámca Industry 4.0. Plánovaný systém

sa zameriava na územné plánovanie a procesy stavebného poriadku, pričom umožní vkladanie a poskytovanie aktuálnej územnej dokumentácie a regulatív územia.

Okrem toho budú všetky vstupné dáta organizované jednotným dátovým modelom BIM (Building Information Modeling v súlade s STN EN ISO 23387 (73 9014)) a štandardami pre ISVS. Údaje budú pokrývať domény priestorových informácií územného plánovania a výstavby ako aj transakčných údajov súvisiacich so zabezpečením výkonu agend na týchto úsekoch správy. Na výstupe budú referenčné a spracované údaje dostupné vo forme Public API, data setov, ako aj v analytickej časti samotného IS pre potreby OLAP a následného exportu. Údaje budú dostupné na základe rolí a príslušných oprávnení pre registrovaných, neregistrovaných a autentifikovaných používateľov systému.

Digitálna podoba územia v spojení s inými dátami napokon umožní riešiť simulácie politík, krízových scenárov, pomôže zlepšiť adaptáciu na klimatické zmeny. Budovanie služieb v tejto oblasti nie je predmetom IS UPV, ale IS UPV je zásadný „enabler“, ktorý umožní ich vznik. Bezpečnosť privátnych údajov a súčasne maximálna dostupnosť verejných údajov je chápaná ako jedna zo základných požiadaviek na IS UPV

5.4. Porovnanie riešení

Dostupnosť HD máp na Slovensku sa postupne zvyšuje. Hoci sú v súčasnej dobe k dispozícii len dve hlavné služby HD mapovania (TomTom a HERE Technologies), môže byť ťažké rozhodnúť sa, ktorú z nich si vybrať. Na pomoc pri tomto rozhodovaní sa vykonalo porovnanie dvoch hlavných služieb, ktoré bolo rozdelené do piatich tém: Cesta a jazdné pruhy, Vrstvy mapy, Sémantické dáta, UX funkcie a služby. Podľa výsledkov porovnania možno konštatovať, že tieto dve služby sú veľmi podobné vo svojich základných vlastnostiach a funkciách, pričom ani jedna z nich neponúka zásadnú výhodu oproti druhej.

Tabuľka 14: Porovnanie hlavných funkcií HD máp TomTom a HERE Technologies

Funkcia		TomTom	HERE Technologies
Cesta a jazdné pruhy	Geometria vozovky	✓	✓
	Atribúty ciest	✓	✓
	Cestné hranice a zvodidlá	✓	✓
	Geometria na úrovni jazdného pruhu	✓	✓
	Rýchlostné limity na úrovni jazdného pruhu	✓	✓
	Značenie jazdných pruhov	✓	✓
Vrstvy mapy	Vektorová mapa	✓	✓
	Mapa terénu	✓	✓
	Satelitná mapa	✓	✓
	Mapa spoplatnených zón	✓	✓
Sémantické dáta	Obmedzenia rýchlosti	✓	✓
	Obmedzenia nákladných vozidiel	✓	✓
	Dopravná nehody	✓	✓
	Údaje o dopravnom toku	✓	✓

Funkcia		TomTom	HERE Technologies
UX Funkcie	Semaforey	✓	✓
	Počasie	✓	✓
	Jazyková podpora	✓	✓
	Optimalizácia pre mobilné aplikácie	✓	✓
	Autosuggest / Autocomplete	✓	✓
Služby	Plánovanie trás	✓	✓
	Smerovanie osobných automobilov / nákladných automobilov / bicyklov / chodcov (v reálnom čase a offline)	✓	✓
	Prispôsobenie máp	✓	✓

Tabuľka 15: Porovnanie riešení z hľadiska štandardov pre mapovanie pomocou technológie LiDAR (na základe rešerše dostupnej literatúry, zdroje uvedené nižšie)

Oblasť štandardu	HERE Technologies	TomTom	Obečný štandard
Geolokačná presnosť	Absolútna presnosť je pod 1,0 m a pre niektoré funkcie pod 50 cm. Absolútna presnosť je vždy vyššia ako relatívna presnosť a obe sú rovnako dôležité.	Relatívna presnosť 15 cm z hľadiska susedných referenčných bodov v rámci mapy a ich vzájomnej relatívnej polohy [1].	Absolútna presnosť musí byť nižšia ako 1,0 m z hľadiska x, y, z. Relatívna presnosť musí byť nižšia ako absolútna presnosť.
Frekvencia zberu údajov HD máp na cestách	HERE True vozidlá mapujú jednotlivú lokáciu iba raz. Opätovné mapovania prebiehajú, ak existuje indikátor zmeny, ako je napríklad výstavba. Úsek sa mapuje 5 až 10 krát pomocou 64-kanálového systému LiDAR [2].	N/A	Úsek je mapovaný minimálne 1–5 krát, aby sa vytvorila množina HD údajov. Frekvencia sa líši v závislosti od spoločnosti a jej mapovacích vozidiel.
Objem dát na 1 km	Here True vozidlá zhromažďujú 60–80 Mb/s surových dát z LiDARu plus 80 MP snímky zozbierané pri frekvencii 20 Hz. OEM vozidlá zhromažďujú 80–100 Kb/km, údaje zo senzorov	N/A	Objem dát býva vysoký, od 3–5 GB za minútu až po niekoľko TB za hodinu.

Oblasť štandardu	HERE Technologies	TomTom	Obecný štandard
	OEM sú segmentované a vysoko komprimované. Jedna hodina jazdy zodpovedá 1 TB dát [3].		
Rýchlosť vozidla na zber údajov	Rýchlosť je pomerne nízka s maximálnou rýchlosťou 80 km/h. Čím rýchlejšie sa vozidlo pohybuje, tým redší je oblak bodov.	Rýchlostný limit pre mapovacie vozidlo je 80 km/h.	Maximálna rýchlosť mapovacieho vozidla je 80 km/h
Čas potrebný na výrobu HD mapy vrátane času potrebného na spracovanie surových dát	Počiatkové mapovanie zo surových údajov zo senzorov trvajú niekoľko dní, dokonca týždňov. Po dokončení počiatkového mapovania sa čas skracuje na 24-hodinový cyklus.	Počiatkový čas spracovania, od zberu po dokončenie množiny údajov v rozlíšení HD, trvá niekoľko dní až týždňov.	Spracovanie 1 TB zozbieraných údajov pomocou vysokého výpočtového výkonu vyžaduje dva dni na vytvorenie použiteľných mapových podkladov [3]. Napríklad 20 km oblasti pekinského parku strávila flotila mapovacích vozidiel 5 dní a počas 1 dňa prešla úsek 5–10 krát [2].
Cena služby mapovania na mieru	N/A. HERE nemôže byť najatý ako individuálny dodávateľ.	N/A	Mapovacia spoločnosť s názvom DeepMap účtovala v roku 2018 za svoje služby v USA 5,000 dolárov za kilometer [2].

Zdroje:

1. TomTom. 2017. *HD Map: Highly Accurate Border-To-Border Model Of The Road*.

2. Synced. 2018. *The Golden Age of HD Mapping for Autonomous Driving*. Medium

3. SEIF, Heiko G., a XIAOLONG, Hu. 2016. *Autonomous Driving In The Icity—HD Maps As A Key Challenge Of The Automotive Industry*. doi: 10.1016/J.ENG.2016.02.010

6. ANALÝZA DÁTOVEJ VRSTVY

6.1. Kategorizácia dát/datasetov v gescii MD SR

Dáta pre inteligentnú mobilitu môžeme klasifikovať viacerými spôsobmi:

1. Podľa charakteru:
 - a. **Operatívne** – majú najvyššiu mieru detailu v časovej a priestorovej oblasti a sú poskytované v reálnom alebo takmer reálnom čase.
 - b. **Taktické** – majú stredne veľkú časovú a priestorovú granularitu a spravidla poskytujú pohľad na dopravnú situáciu vo vybranej lokalite strednej veľkosti.
 - c. **Strategické** – majú najvyššiu časovú a priestorovú granularitu a nie sú získavané ani spracované v reálnom čase.
2. Podľa zdrojov alebo pôvodu:
 - a. **Vlastné systémy MD SR** – napríklad Národná diaľničná spoločnosť (NDS), Slovenská správa ciest (SSC), Národný systém dopravných informácií (NSDI), atď.
 - b. **Hlásenie od povinných osôb** – telekomunikační operátori, správcovia komunikácií, cestnej a prístrojovej infraštruktúry, prevádzkovatelia hromadných dopravných prostriedkov, subjekty registrujúce vozidlá.
 - c. **Informácie od tretích strán** – dopravné hlásenie RTVS a komerčných rozhlasových staníc, zberatelia meteorologických informácií, Štatistický úrad SR (ŠÚ SR).
 - d. **Informácie od výrobcov** – OEM, Google Maps, Waze, atď.
3. Podľa spôsobu zberu:
 - a. pomocou senzorov v infraštruktúre,
 - b. pomocou senzorov v autách a pohybujúcich sa mobilných zariadeniach,
 - c. z informačných systémov (IS),
 - d. z hlásení osôb.

6.2. Typy dát a datasety v gescii MD SR

Zdroj / Pôvod	Dáta	Typ dát
NDS	Priemerná denná intenzita dopravy	Vlastné systémy MD SR
NDS	Špičková hodinová intenzita dopravy	Vlastné systémy MD SR
NDS	Skladba dopravného prúdu	Vlastné systémy MD SR
SSC	Aktuálne údaje centrálnej technickej evidencie ciest	Vlastné systémy MD SR
SSC	Cestné objekty - zoznam	Vlastné systémy MD SR

Zdroj / Pôvod	Dáta	Typ dát
	Cestné objekty – zoznam mostov	
SSC	Číselník správcov a vlastníkov ciest	Vlastné systémy MD SR
SSC	Metadáta k údajom centrálnej technickej evidencie ciest	Vlastné systémy MD SR
SSC	Pozemná komunikácia zoznam úsekov	Vlastné systémy MD SR
SSC	Pozemná komunikácia – usporiadanie jazdného pásu	Vlastné systémy MD SR
SSC	Kritické nehodové lokality na cestnej sieti SR	Vlastné systémy MD SR
SSC	Pozemná komunikácia – šírkové usporiadanie priečného rezu	Vlastné systémy MD SR
SSC	Cestná dopravná sieť SR / INSPIRE	Vlastné systémy MD SR
SSC	Centrálna technická evidencia pozemných komunikácií	Vlastné systémy MD SR
ÚGKK SR	Ortofotomozaika SR	Hlásenie od povinných osôb
ÚGKK SR	Letecké laserové skenovanie a DMR 5.0	Hlásenie od povinných osôb
MV SR	Štatistické prehľady agendy vozidiel (vybavených asistenčnými systémami a/alebo komunikáciou V2X a/alebo autonómny riadením)	Hlásenie od povinných osôb
MV SR	Register Adries – Register budov (súpisných čísiel)	Hlásenie od povinných osôb
MV SR	Register Adries – Register ulíc	Hlásenie od povinných osôb
MV SR	Register Adries – Register obcí	Hlásenie od povinných osôb
Telekomunikační operátori	Reportovanie pokrytia cestnej siete mobilnými dátovými sieťami	Hlásenie od povinných osôb
Telekomunikační operátori	Hlásenie dostupnosti a kapacity pevných dátových vedení pozdĺž ciest pre potreby pripojenia inteligentnej infraštruktúry	Hlásenie od povinných osôb
Prevádzkovatelia prístrojovej infraštruktúry	Údaje o kapacite a okamžitej dostupnosti parkovacích miest a nabíjajúcich staníc pre elektromobily	Hlásenie od povinných osôb
Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ SR)	Informácie o počasi a vytvárajúce predpovede	Informácie od tretích strán
Rozhlasové stanice	Dopravné informácie	Informácie od tretích strán

Zdroj / Pôvod	Dáta	Typ dát
Prevádzkovatelia hromadnej a zdieľanej dopravy	Informácie o dostupnosti a polohe zdieľaných prostriedkov v hromadnej a zdieľanej doprave	Informácie od tretích strán
OEM	Údaje zozbierané autami do cloudu výrobcu vozidiel	Informácie od tretích strán
Informačné systémy	GIS	Informácie z IS
Informačné systémy	evidenčné systémy	Informácie z IS
Informačné systémy	monitorovacie systémy prevádzkovateľov infraštruktúry	Informácie z IS
Rôzne	hlásenia príslušníkov polície, zdravotnej záchrannej služby, hasičov, bežných občanov	Hlásenia osôb

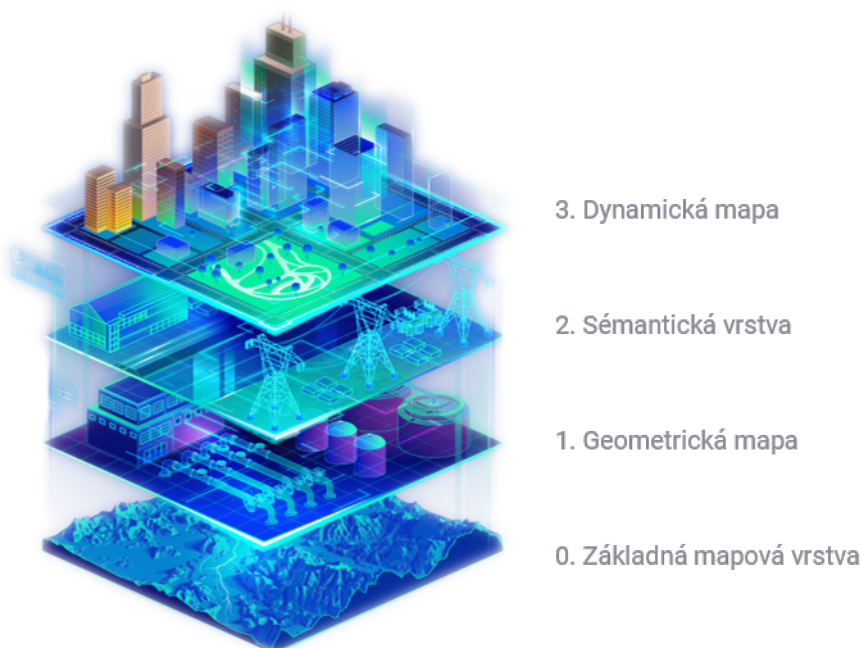
7. NÁVRH KONCEPTU DÁTOVEJ PLATFORMY

V tejto kapitole sa budeme zaoberať návrhom konceptu dátovej platformy pre vysoko-presné mapové podklady pre účely inteligentnej mobility. Konkrétne poskytneme pohľad na štruktúru vrstiev modelu, ktoré je potrebné konsolidovať v dátovej platforme. Koncept dátovej platformy opíšeme z pohľadu High-level architektúry integrácie dátových zdrojov a poskytovateľov dát, a z pohľadu potrebných procesov manažmentu údajov.

7.1. Štruktúra dátových vrstiev mapových podkladov

Dátové vrstvy pre digitálne mapy v inteligentnej mobilite obsahujú vrstvy podrobných informácií, ktoré môžu zahŕňať informácie o jazdných pruhoch, rýchlostné obmedzenia, dopravné značky, diaľnice, obrubníky, priechody pre chodcov, parkovacie miesta a ďalšie. Všetky tieto údaje pomáhajú pochopiť prostredie mobility a poskytujú presnejšiu reprezentáciu prostredia. Nasledujúce schéma predstavuje štruktúru vrstiev HD mapy, ktorá umožňuje nasadenie a integráciu vo všetkých prípadoch použitia (uvedených v kapitole 4). Menej náročné prípady použitia (z hľadiska náročnosti na mapový podklad) nemusia vyžadovať integráciu všetkých vrstiev v potrebnej HD mape.

Obrázok 14: Navrhovaná štruktúra dátových vrstiev



Tabuľka 16: Popis navrhovanej štruktúry dátových vrstiev

Názov vrstvy	Typ dát	Funkcia
0. Základná mapová vrstva	Mapa so štandardným rozlíšením, digitálna mapa, topologická mapa	Základná vrstva pre zobrazenie. Slúži ako základný referenčný bod pre vrstvy na vyššej úrovni
1. Geometrická mapa	– Dáta z IoT (senzorov), – Dáta zo snímania (Kamery, LiDAR, RADAR), – Integrácia GNSS, – Údaje z katastra, – Údaje z IS (BIM)	Výstupom je detailná reprezentácia prostredia až na úroveň 3D mračna bodov a tieto údaje sú následne spracované na vytvorenie odvodených mapových objektov, ktoré sú uložené v geometrickej mape
2. Sémantická vrstva	Sémantické objekty môžu byť buď 2D alebo 3D (ako sú hranice jazdných pruhov, križovatky, parkovacie miesta, značky zastavenia, semaforey atď.), ktoré obsahujú bohaté informácie, ako sú rýchlosť premávky, obmedzenia zmeny jazdného pruhu atď.	Výstupom sú sémantické objekty do vrstvy geometrickej mapy pre pochopenie vzťahov
3. Dynamická mapa	Informácie v reálnom čase a údaje o ľudskom správaní	Algoritmy autonómie bežne využívajú tieto údaje v modeloch ako vstupy alebo funkcie a kombinujú sa s inými informáciami v reálnom čase. Sú dynamicky aktualizované a môžu byť tiež zdieľané v reálnom čase

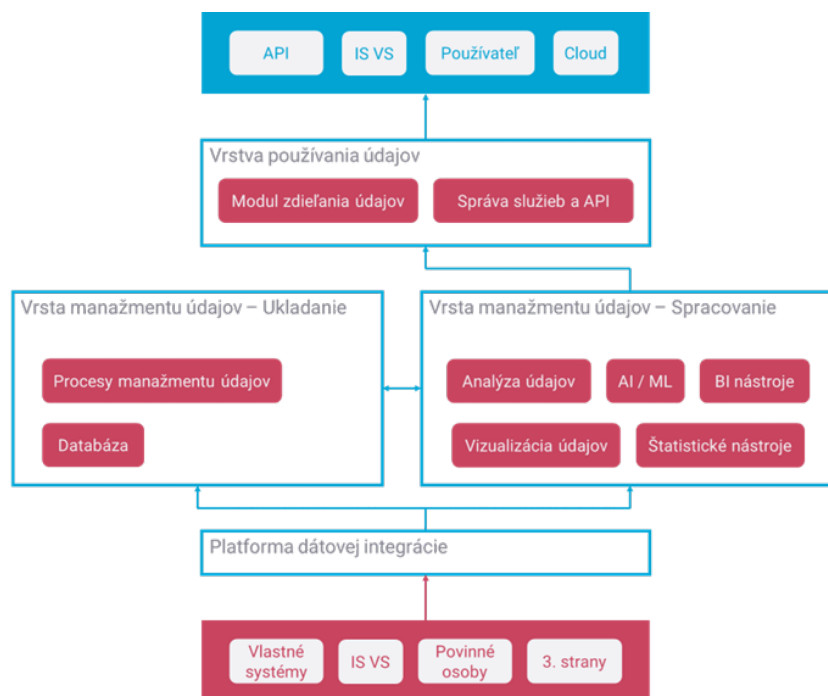
Zdroj:

CHELLAPILLA, K. 2015. *Rethinking Maps for Self-Driving*.

Ako už bolo v úvode tohto dokumentu spomenuté, základná mapová vrstva (statická mapa) poskytuje reprezentáciu nemennej oblasti a bežne sa používa na podporu navigačných aplikácií. Geometrická mapa predstavuje súbor reprezentácií infraštruktúry a objektov vo vzťahu k jej okoliu, vrátane značenia jazdných pruhov, povrchov ciest, obrubníkov, prekážok atď. Sémantická vrstva je súborom ďalších údajových bodov, ktoré poskytujú ďalšie podrobnosti a pomáha systémom lepšie porozumieť prostrediu a interagovať s ním. Dynamickú mapu chápeme ako mapu, ktorá sa často aktualizuje a reprezentuje premenlivé objekty v mobilite. Táto vrstva sa používa napríklad na poskytovanie aktualizovaných informácií o toku premávky a iných environmentálnych údajov v reálnom čase.

7.2. Referenčný model integrácie dátových zdrojov a poskytovateľov dát

Obrázok 15: Referenčný model dynamickej dátovej platformy



7.3. Návrh procesov manažmentu údajov

Kapitola načrtáva koncept a základný postup manažmentu údajov, ktorý je nevyhnutné pre úspešnú integráciu zozbieraných údajov. V kapitole preskúmame kroky po zberu údajov, a to predspracovanie údajov, možnosti pre ukladanie údajov a najbežnejšie procesy analýzy a procesovania údajov, s ktorými sa stretávame počas procesu manažmentu údajov. Nakoniec kapitola predstaví osvedčené digitálne nástroje pre jednotlivé procesy manažmentu údajov.

Základný postup manažmentu údajov:

1. **Predspracovanie údajov**
2. **Ukladanie údajov**
3. **Analýza údajov**

1. Predspracovanie údajov je proces prípravy údajov na analýzu transformáciou nespracovaných údajov do formátu súboru alebo štruktúry, ktorá je vhodnejšia na interpretáciu a modelovanie. To zahŕňa čistenie, formátovanie a transformáciu vstupných údajov a môže zahŕňať špecializované techniky, ako je škálovanie prvkov,

imputácia údajov²³, normalizácia údajov a extrakcia prvkov. Je to zásadný krok v analýze údajov, pretože pomáha spravovať údaje a ľahšie ich pochopiť. Medzi základné kroky pre predspracovanie údajov z mobility radíme: **integráciu údajov**, **čistenie údajov**, **redukciu údajov** a **transformáciu údajov**.

1.1 Integrácia údajov je proces kombinovania údajov z viacerých zdrojov do koherentného súboru údajov, ktorý je vhodný na analýzu a rozhodovanie. Zahŕňa spájanie údajov z viacerých rôznych zdrojov, ako sú databázy, tabuľky, ploché súbory, lokálne systémy a cloudové systémy, ich transformáciu tak, aby zrkadlili jeden požadovaný výstup, a ich konsolidáciu do jedného systému s konzistentnými formátmi a štruktúry. Medzi základné princípy integrácie údajov patrí:

- Konsolidácia a transformácia: Zabezpečenie toho, že všetky zhromaždené údaje sú v štandardnom, dobre definovanom formáte, aby sa dala ľahšie integrovať.
- Štandardizácia mapovania údajov: Vývoj stratégie mapovania údajov z jedného systému do druhého.
- Sledovanie údajov: Monitorovanie údajov naprieč systémami na zabezpečenie presnosti a viditeľnosti údajov.
- Bezpečnosť: Zabezpečenie riešení integrácie údajov na ochranu integrity a súkromia údajov.
- Monitorovanie výkonu: Pravidelná kontrola výkonu systému a monitorovanie procesov integrácie údajov s cieľom identifikovať a opraviť akékoľvek problémy.
- Simultánna aktualizácia: Umožnenie súčasnej aktualizácie údajov vo viacerých systémoch.
- Automatizácia: Využitie automatizácie na zníženie manuálnych, časovo náročných procesov.
- Škálovateľnosť: Návrh riešení integrácie údajov pre škálovateľnosť a flexibilitu, aby sa mohli ľahko prispôbiť zmenám veľkosti, typov a systémov údajov.

1.2. Čistenie údajov je proces zisťovania a opravy (alebo odstraňovania) poškodených alebo nepresných záznamov zo sady záznamov, tabuľky údajov alebo databázy. Čistenie údajov zabezpečuje, že každý daný súbor údajov dodržiava štandardy presnosti, konzistentnosti a úplnosti. Medzi základné princípy čistenia údajov patrí:

- Identifikácia údajov – Pochopenie štruktúry údajov a dokumentácia o tom, aké typy a tvary údajov sú k dispozícii.
- Štandardizácia hodnôt údajov – Extrakcia a štandardizácia hodnôt údajov z viacerých zdrojov, určenie, kedy hodnoty štandardizovať a kedy ponechať údaje v ich natívnom formáte.
- Odfiltrovanie šumu – Identifikácia a vymazanie akýchkoľvek irelevantných alebo duplicitných údajov, ktoré nepridávajú žiadnu hodnotu.
- Zaobchádzanie s odláhlými hodnotami – Použitie štatistických metód na normalizáciu odláhlých hodnôt a zabránenie skresleniu modelov.
- Testovanie vzorov – Použitie štatistických metód na zistenie akýchkoľvek zmysluplných vzorcov v údajoch, ktoré možno použiť na zlepšenie predpovedí alebo analýzy.

²³ Imputácia údajov je proces nahradenia chýbajúcich alebo neplatných údajových bodov odhadovanou alebo hodnovernou hodnotou s cieľom vyplniť nezrovnalosti v súbore údajov. Cieľom je použiť najlepšie štatistické techniky alebo techniky strojového učenia, aby sa zabezpečilo, že imputácia bude čo najpresnejšia. Viac info: <https://towardsdatascience.com/6-different-ways-to-compensate-for-missing-values-data-imputation-with-examples-6022d9ca0779>

- Skúmanie problémov s kvalitou údajov – Validácia presnosti a úplnosti údajov.
- Agregácia údajov – Agregácia údajov do zmysluplných a súvisiacich podmnožín na uľahčenie analýzy.
- Vizualizačné dáta – Tvorba vizualizácií na získanie prehľadu o dátach a overenie správnosti dát.

1.3. Redukcia údajov je proces znižovania množstva zozbieraných nespracovaných údajov pri súčasnom zachovaní dôležitých informácií. Robí sa to pomocou metód, ako je sumarizácia, kompresia, filtrovanie a vyradenie irelevantných údajov. Môže pomôcť ušetriť úložný priestor, skrátiť čas spracovania údajov a zlepšiť výkon. Medzi základné princípy redukcie údajov patrí:

- Odstránenie duplikátov: Jednou z najbežnejších techník používaných na zníženie veľkosti údajov je odstránenie duplikátov zo súboru údajov. To môže pomôcť výrazne znížiť veľkosť údajov odstránením akýchkoľvek duplicitných hodnôt.
- Kategorizácia alebo zoskupovanie údajov: údaje možno zredukovať aj kategorizáciou alebo zoskupovaním údajov do kategórií alebo skupín. Vďaka tomu sú množiny údajov menšie a ľahšie čitateľné.
- Agregácia alebo sumarizácia údajov: Zoskupovanie a agregovanie údajov môže umožniť sumarizáciu údajov namiesto jednoduchého zaznamenávania jednotlivých položiek alebo údajových bodov.
- Použitie kompresných techník: Kompresné techniky sa často používajú na zmenšenie veľkosti súborov údajov. Môže to zahŕňať techniky ako zipovanie alebo kódovanie, ktoré môžu zmenšiť veľkosť súborov.
- Použitie techník odberu vzoriek: Techniky odberu vzoriek možno použiť aj na zmenšenie veľkosti súboru údajov. Zahŕňa to iba použitie určitého aspektu vzoriek údajov na vyvodenie záverov o súbore údajov ako celku.

1.4. Transformácia údajov je proces, v ktorom sa údaje organizujú, preformátujú a čistia, aby sa dali ľahšie analyzovať a používať v rôznych systémoch a aplikáciách. Zahŕňa výber, kombinovanie, reštrukturalizáciu a úpravu údajov s cieľom transformovať ich do iného formátu, často s cieľom vytvoriť použiteľné informácie alebo náhľady. Transformácia údajov často zahŕňa transformáciu údajov do rôznych kľúčových polí, odstránenie odľahlých hodnôt, odstránenie chýb a čistenie údajov pre lepšiu analýzu. Medzi základné princípy transformácie údajov patrí:

- Agregácia: Zoskupovanie a sumarizácia údajov pre lepšie pochopenie.
- Diskretizácia: Zmena formátu atribútov (napríklad dátumov) alebo hodnôt (napríklad prahových hodnôt) pre lepšiu integráciu.
- Profilovanie: Identifikácia dátových trendov a odľahlých hodnôt naprieč rôznymi atribútmi pre budúcu referenciu alebo benchmarking.
- Korelácia: Hľadanie vzťahov medzi dátovými bodmi rôznych množín.
- Distribúcia: Redistribúcia údajov medzi viacerými systémami na základe určitých kritérií.
- Rozdelenie na oddiely: Rozdelenie údajov do vhodných častí údajov alebo segmentov na generovanie zmysluplných metrík.

2. Ukladanie údajov je zhromažďovanie údajov alebo informácií, ktoré sú uložené v elektronickom formáte na budúce použitie, v tomto prípade v **relačných** a **nerelačných** NoSQL databázach, ideálne v Cloude. Úložisko dát je chrbticou celého ekosystému, pretože uchováva dáta v bezpečí a poskytuje k nim prístup v prípade potreby.

2.1 Relatívne databázy pre štruktúrované údaje – Priestorové dáta (Funkcia geodatabázy je databázová vrstva, ktorá je vytvorená nad niekoľkými rôznymi systémami správy podnikových databáz. Patria sem

Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 a PostgreSQL. PostGIS je jednou z najznámejších a najkomplexnejších priestorových databáz. Je rozšírením open-source databázy PostgreSQL.).

2.2 Nerelačné (NoSQL) databázy pre neštruktúrované alebo semi-štruktúrované údaje:

- Priestorové dáta – napríklad cez Apache Couch DB – databázový systém založený na dokumentoch, ktorý možno rozšíriť o podporu priestorových dát pomocou zásuvného modulu s názvom Geocouch, alebo Elasticsearch – databázový systém založený na dokumentoch, ktorý podporuje dva typy geografických údajov: polia `geo_point`, ktoré podporujú dvojice zemepisných šírok a dĺžok, a polia `geo_shape`, ktoré podporujú body, čiary, kružnice, polygóny, multipolygóny atď.,
- Časopriestorové dáta – na ukladanie sa používa priestorovo-časová databáza, ktorá spravuje informácie o priestore aj čase, ide o rozšírenie priestorových databáz a časových databáz, najpoužívanejším príkladom je GeoMesa – cloudová časopriestorová databáza postavená na Apache Accumulo a Apache Hadoop (podporuje aj Apache HBase, Google Bigtable, Apache Cassandra a Apache Kafka). GeoMesa podporuje všetky jednoduché funkcie OGC a zásuvný modul GeoServer.).

Navrhovaná dynamická dátová platforma by mala čo najviac používať bezpečné a spoľahlivé riešenie ukladania, ako je cloudové úložisko, šifrovanie údajov a riešenia zálohovania údajov. Riešenie na ukladanie dát musí byť tiež schopné poskytnúť škálovateľnosť, vysoký výkon a spoľahlivosť.

- Bezpečnosť: úložiská musia byť vybavené robustnými bezpečnostnými opatreniami na ochranu citlivých údajov.
- Súlad: úložisko by malo spĺňať všetky príslušné vládne nariadenia, zákony a zásady.
- Prístupnosť: úložisko by malo byť prístupné oprávneným osobám.
- Použiteľnosť: úložisko by malo byť užívateľsky prívetivé a ľahko použiteľné.
- Dostupnosť: úložisko by malo byť dostupné na požiadanie.
- Výkon: úložisko by malo poskytovať špičkový výkon a spoľahlivosť.
- Škálovateľnosť: úložisko by malo byť schopné podporovať náhle alebo rozšírené objemy dát.

3. Analýza údajov. Medzi základné kroky pre analýzu dát v rámci manažmentu údajov z mobility radíme: označovanie údajov, klasifikácia údajov, kategorizácia údajov, kontextualizácia údajov.

3.1. Označovanie údajov je proces priradovania metadát k digitálnym zdrojom, ako sú obrázky, videá, zvukové nahrávky alebo dokumenty, s cieľom poskytnúť kontext a umožniť vyhľadávanie, získavanie a iné kontextové operácie. Štítky môžu byť vo forme štítkov alebo kľúčových slov, ktoré popisujú obsah digitálneho aktíva. Označovanie údajov si vyžaduje čas a úsilie, ale zlepšuje sémantické chápanie digitálnych údajov, čím umožňuje rýchlejšie vyhľadávanie a získavanie údajov.

3.2. Klasifikácia údajov je proces organizovania údajov do kategórií na základe niektorých spoločných charakteristík. Tento proces môže pomôcť pri organizácii, správe, analýze a získavaní údajov, ako aj pri poskytovaní lepšieho pochopenia údajov a akýchkoľvek vzorcov alebo trendov, ktoré môžu existovať.

3.3. Kategorizácia údajov je proces priradenia definovaného označenia k údaju. Tento štítok pomáha usporiadať údaje a zjednodušiť ich vyhľadávanie. Súbor možno napríklad kategorizovať podľa typu, veľkosti, dátumu alebo iných charakteristík. Kategorizácia údajov sa používa v analytike na pomoc pri vytváraní usporiadaných údajov z neštruktúrovaných alebo neusporiadaných zdrojov údajov.

3.4. Kontextualizácia údajov je proces pochopenia údajov ich umiestnením do kontextu ich pôvodu, použitia a významu. To zahŕňa pochopenie okolností, ktoré vytvorili údaje, účelu, ktorému slúžia, a dôsledkov, ktoré môžu mať. Kontextualizácia údajov pomáha zlepšiť ich presnosť, relevantnosť a užitočnosť.

Digitálne nástroje pre jednotlivé procesy manažmentu údajov:

Tabuľka 17: Digitálne nástroje pre jednotlivé procesy manažmentu údajov

Proces manažmentu údajov	Príklad osvedčených digitálnych nástrojov
0. Zber údajov	Scribe, Chukwa, Apache Flume, Fluentd, Logstash, Splunk, Predix, CherGet, ForeSpider, Octoparse, Thingworx, MindSphere
1. Predspracovanie údajov	Aspera, RaySync, MultiDesk, FlashFXP, Xlight FTP, Navicate, Share, Thingworx, Mindsphere
1.1. Integrácia údajov	Pycharm, spyder, Matlab, VC, VB, Weka
2. Ukladanie údajov	Hbase, S3, Oracle, MySQL, Postgres, MongoDB, Cassandra, Couchbase, Apache Kafka
3. Analýza údajov	Spark, MapReduce, Hivem Pig, Flink, Impala, Akka, Storm, Mahout
Vizualizácia údajov	Echarts, Weka, Corssfilter, Tableau, Charts, Flot, Highcharts, DataV, Google Chart, Excel

8. SÚVISIACA LITERATÚRA

EC. 2021. *Study on Opportunities and Challenges of Collaboration for Geospatial Services*. [Odkaz](#).

Mobileye. 2019. *The Why and How of Making HD Maps for Automated Vehicles*. [Odkaz](#).

Intellias. 2023. *Solving the Challenges of HD Mapping for Smart Navigation in Autonomous Cars*. [Odkaz](#).

Forbes. 2018. *Cities Could Be The First Customer For HD Maps This Startup Built For Autonomous Cars*. [Odkaz](#).

BHODA, S. 2023. *HD Mapping: A Critical Component for the Future of Autonomous Vehicles*. [Odkaz](#).

Automotive World. 2018. *HD maps – the key to autonomous driving success?* [Odkaz](#).

Seif, H., HU, X. 2016. *Autonomous Driving in the iCity—HD Maps as a Key Challenge of the Automotive Industry*. [Odkaz](#).

Jakarta. 2023. *HD Mapping For Mobility*. [Odkaz](#).

MATTHEWS, K. 2019. *What are HD maps, and how will they get us closer to autonomous cars?* [Odkaz](#).

Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky

D. Vytvorenie HD mapy pre plánovanie nízkoemisných zón

Príprava metodických materiálov – overovanie definovaných
metodík a odporúčaní prostredníctvom realizácie pilotného
riešenia využitia vysokopresných máp v inteligentnej doprave
v praxi

September 2023

SKRATKY

SKRATKA	VÝZNAM
API	Rozhranie pre programovanie aplikácií (<i>Application Programming Interface</i>)
BA	Bratislava
GCP	Pozemný kontrolný bod (<i>Ground Control Point</i>)
GIS	Geografický informačný systém
GNSS	Družicový navigačný systém (<i>Global Navigation Satellite System</i>)
GPS	Globálny lokalizačný systém (<i>Global Positioning System</i>)
HD	Vo vysokom rozlíšení (<i>High-Definition</i>)
INSPIRE	Infraštruktúra pre priestorové informácie v Európskom spoločenstve (<i>The Infrastructure for Spatial Information in the European Community</i>)
KPI	Kľúčový ukazovateľ výkonnosti (<i>Key Performance Indicator</i>)
LEZ	Nízkoemisná zóna (<i>Low-Emission Zone</i>)
LiDAR	(<i>Light Detection and Ranging</i>)
MD SR	Ministerstvo Dopravy Slovenskej Republiky
MIB	Metropolitný inštitút Bratislavy
MV SR	Ministerstvo Vnútra Slovenskej Republiky
NEZ	Nízkoemisná zóna
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SNB	Slovenská národná banka
SW	Softvér (<i>Software</i>)
SWOT	Silné stránky, Slabé stránky, Príležitosti, Obmedzenia (<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>)
UAV	Bezpilotné lietadlo (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)
UX	Používateľská skúsenosť (<i>User Experience</i>)
VS	Verejná správa
VÚC	Vyšší územný celok
VVal	Výskum, vývoj a inovácie
WFS	Ukladacia služba (<i>Web Feature Service</i>)
ZEZ	Bezemisná zóna (<i>Zero-Emission Zone</i>)

9. Úvod

Jednou z možností, ako zaviesť väčší počet čistejších vozidiel a znížiť počet starších, viac znečisťujúcich vozidiel na cestnej sieti, je zavedenie nízkoemisnej zóny (NEZ). NEZ je vymedzená oblasť, do ktorej môžu vstúpiť len určené vozidlá spĺňajúce určité emisné kritériá alebo normy, napr. EURO normy. Aj keď sa vďaka NEZ objemy dopravy nevyhnutne nemenia, vozidlá, ktoré sa pohybujú v danej oblasti, sú ekologičnejšie s nižšími emisiami, čo priamo vedie k zlepšeniu kvality ovzdušia. Napríklad nízkoemisné zóny pre nákladné vozidlá už boli úspešne zavedené a fungujú už mnoho rokov napríklad v Štokholme, Göteborgu, Malmö a Lunde, kde viedli k zlepšeniu úrovne kvality ovzdušia (Airuse, 2016).

Prvé nízkoemisné zóny vznikli v európskych mestách, aby riešili nebezpečne vysoké znečistenie ovzdušia a jeho zdravotné dopady na obyvateľov, pričom úplne prvá NEZ bola vytvorená vo Švédsku v roku 1996. Cieľom švédskej NEZ bolo zlepšiť kvalitu ovzdušia obmedzením vysoko znečisťujúcich, ťažkých úžitkových vozidiel od jazdy v centrách miest (alebo ich spoplatňovanie) – mnohé NEZ však teraz zahŕňajú aj ľahké úžitkové vozidlá a osobné autá. Čoraz viac NEZ dopĺňajú politické iniciatívy, ktoré pomáhajú dosahovať ciele nad rámec zlepšenia kvality ovzdušia, ako je zníženie dopytu po jazde, zníženie hluku, zvýšenie bezpečnosti pre cyklistov a chodcov a stimulovanie verejnej a zdieľanej dopravy.

Existuje niekoľko štúdií, ktoré sa vykonali pre NEZ, ale závery o ich účinkoch sa líšia. Výzvy v týchto hodnoteniach sú mnohé a napríklad použitie nesprávnych emisných faktorov pre dieselové vozidlá bolo jednou z dôležitých výziev pre modelovacie štúdie. Pre štúdie merania kvality ovzdušia je ťažké oddeliť účinok NEZ od iných zavedených opatrení. To však neznamená, že NEZ nemali vplyv. Existujú dôkazy, ktoré ukazujú, že NEZ mali vplyv na štruktúru vozidiel na cestách, a tým znižovali emisie – NEZ sa považujú za účinné pre NO₂, CO₂ a iné výfukové plyny a látky, ak sú zamerané na dostatočne veľkú časť vozového parku alebo sú dostatočne prísne. Na zníženie znečistenia ovzdušia je potrebných niekoľko opatrení a NEZ sú jedným z užitočných nástrojov, ktoré majú mestá k dispozícii (Williamson et al., 2022).

Okrem nízkoemisných zón existujú aj tzv. zóny preťaženia (*congestion zones*) a bezemisné zóny (*Zero-emission zones*, ZEZ). Zóny preťaženia sú určené predovšetkým na zníženie premávky a iné problémy spôsobené množstvom vozidiel na cestách. Nízkoemisné zóny a bezemisné zóny sú určené predovšetkým na znižovanie emisií a často sa používajú na boj proti znečisteniu ovzdušia. Zóna preťaženia môže obmedziť vjazd vozidiel podľa typu alebo dennej doby – často sa použije poplatok na motiváciu vodičov, aby si vybrali alternatívnu formu dopravy v rámci zóny alebo sa jej úplne vyhli. NEZ a ZEZ zvyčajne vyžadujú, aby vozidlá spĺňali určitý štandard, ale môžu byť navrhnuté tak, aby sa vzťahovali len na určité triedy vozidiel, ako sú napríklad nákladné vozidlá (Reichmut, 2021).

Tabuľka 18: Porovnanie ZEZ, LEZ a zón preťaženia (Zdroj: Reichmut, 2021)

	BEZEMISNÁ ZÓNA	NÍZKOEMISNÁ ZÓNA	ZÓNA PREŤAŽENIA
Hlavné výhody	Znižuje emisie vo vzduchu, Zlepšuje kvalitu vzduchu	Znižuje emisie vo vzduchu, Zlepšuje kvalitu vzduchu	Znižuje premávku, Zvyšuje príjmy cez poplatky

	BEZEMISNÁ ZÓNA	NÍZKOEMISNÁ ZÓNA	ZÓNA PREŤAŽENIA
Ďalšie potenciálne výhody	Podporuje vozidlá s nulovými emisiami a ich prijatie, Zvyšuje príjmy cez poplatky, Znižuje premávku, Znižuje hluk, Prispieva k bezpečnosti cyklistov a chodcov	Podporuje vozidlá s nulovými emisiami a ich prijatie, Zvyšuje príjmy cez poplatky, Znižuje premávku, Znižuje hluk, Prispieva k bezpečnosti cyklistov a chodcov,	Prispieva k bezpečnosti cyklistov a chodcov, Znižuje hluk, Zlepšuje kvalitu vzduchu, Znižuje emisie,
Príklady parametrov	Do zóny môžu vstúpiť iba vozidlá s nulovými emisiami, Každému vozidlu môže byť zakázaný vjazd do zóny	Môže sa vzťahovať len na určité typy vozidiel, Možnosť podať žiadosť len v určitých časoch, Na vstup sa môže vyžadovať, aby vozidlá spĺňali určité ekologické normy	Všetky vozidlá môžu podliehať poplatku, povoleniu alebo pokute za vjazd do zóny, Dá sa prispôsobiť určitým triedam alebo typom vozidiel
Možnosti mechanizmu presadzovania	Kontrolné miesta a mýto, Kamery, registrácie a predaj známok, Vizuálna kontrola a predaj známok	Kontrolné miesta a mýto, Kamery, registrácie a predaj známok, Vizuálna kontrola a predaj známok	Kontrolné miesta a mýto, Kamery, registrácie a predaj známok, Vizuálna kontrola a predaj známok
Bežné výnimky	Rezidenti, ktorí žijú v zóne, Verejná doprava, Vozidlá pre osoby so zdravotným postihnutím, Pohotovostné vozidlá	Neregulované typy vozidiel (napríklad ľahké úžitkové vozidlá v strednej alebo ťažkej zóne), Rezidenti, ktorí žijú v zóne, Verejná doprava, Vozidlá pre osoby so zdravotným postihnutím, Pohotovostné vozidlá	Rezidenti, ktorí žijú v zóne, Ľudia, ktorí platia za povolenie na prevádzku v zóne, Verejná doprava, Prostriedky zdieľanej mobility, Vozidlá s nulovými emisiami, Vozidlá pre osoby so zdravotným postihnutím, Pohotovostné vozidlá

Nízkoemisnou zónou je podľa § 2 písm. r) zákona o ovzduší územie obce, časti obce alebo mestskej časti, v ktorej je regulovaná prevádzka cestných motorových vozidiel podľa § 9 ods. 3 s cieľom udržať alebo zlepšiť kvalitu ovzdušia. Územie obce definuje zákon v § 2 zákona č. 369/1990 Zb. o obecnom zriadení (ďalej aj len ako „zákon o obecnom zriadení“) ako územný celok, ktorý tvorí jedno katastrálne územie alebo viac katastrálnych území. Územie obce sa môže členiť na jednotlivé časti obce. Zriaďovanie NEZ sa môže deliť na:

1. NEZ zriaďované v mestách
 - a. NEZ zriaďované v historických centrách (v pamiatkových zónach, rezerváciách a pod.) a centrálnych mestských zónach
 - b. NEZ zriaďované v obytných zónach (na komunikáciách 3. a 4. triedy)
 - c. NEZ zriaďované v blízkosti chránených prírodných území, parkov a areálov športu u oddychu
2. NEZ zriaďované mimo mestá (v gescii VÚC)

NEZ zriaďované v historických centrách (v pamiatkových zónach, rezerváciách a pod.) a centrálnych mestských zónach

Takéto zóny patria medzi základné NEZ zriaďované v zahraničí, ale de facto i na Slovensku. Môžeme medzi ne potenciálne zaradiť napr. pešie zóny historických centier, ktoré patria medzi zóny s najprísnejšou reguláciou vjazdu, či nové koncepty zmien dopravnej cirkulácie a zamedzenie tranzitného prejazdu vozidiel cez centrálné mestské zóny a oblasti. Ich zavádzanie je založené predovšetkým na čiastočnom, alebo úplnom obmedzení vjazdu vozidiel do územia, resp. na plošnom zamedzení tranzitu územím. Tieto opatrenia majú najčastejšie formu zavádzania poplatkov za vstup do danej zóny, obmedzenia vstupu vozidiel v určitom čase, alebo obmedzenia na základe emisných noriem. V rámci takýchto NEZ môžu mať výnimku na vjazd rezidenti a vozidlá zabezpečujúce chod prevádzok (napr. zásobovanie) nachádzajúcich sa v danej NEZ.

NEZ zriaďované v obytných zónach (na komunikáciách 3. a 4. triedy)

Takéto zóny patria medzi prioritné NEZ zriaďované v zahraničí, pričom na Slovensku ešte takáto zóna nebola zavedená. Ich zavádzanie je založené predovšetkým na čiastočnom, alebo úplnom obmedzení vjazdu vozidiel do obytného územia miest a obcí, charakterizovaným predovšetkým komunikáciami 3. a 4. triedy. Tieto opatrenia majú najčastejšie formu obmedzenia vstupu na základe emisných noriem. V rámci takýchto NEZ môžu mať výnimku na vjazd rezidenti a vozidlá zabezpečujúce chod prevádzok (napr. zásobovanie) nachádzajúcich sa v danej obytnej NEZ.

NEZ zriaďované v blízkosti chránených prírodných území, parkov a areálov športu u oddychu

Takéto zóny patria medzi doplnkové NEZ, pričom na území Slovenska môžeme medzi takéto zóny zaradiť napr. chránené územia s obmedzením, príp. vylúčením vjazdu (napr. Železná studnička v Bratislave). Ich zavádzanie je založené predovšetkým na čiastočnom, alebo úplnom obmedzení vjazdu vozidiel do územia (napr. záchytné parkoviská a kyvadlová doprava). V rámci takýchto NEZ môžu mať výnimku na vjazd rezidenti a vozidlá zabezpečujúce chod prevádzok (napr. zásobovanie) nachádzajúcich sa v danej NEZ.

9.1. Opis problému, motivácia a ciele experimentu

Experiment je zameraný na riešenie lokálnych emisií z dopravy a snaží sa znížiť dopad vozidiel na kvalitu ovzdušia. Cieľom je overiť dostupnosť a použiteľnosť údajov potrebných na vytvorenie nástroja pre zjednodušenie tvorby a implementácie nízkoemisných zón. Nástroj má zaručiť lepšiu kvalitu ovzdušia a zároveň obsluhu a prístupnosť pre rezidentov. Taktiež motivuje obyvateľov, aby obmedzili vjazd do zóny vo vozidlách so spaľovacím motorom a uplatňovali environmentálny prístup k doprave. Prínosom je zníženie koncentrácie lokálnych emisií a vytvorenie zdravšieho prostredia pre obyvateľov týchto zón.

V rámci snáh o uspokojovanie prepravy v mestách prichádzajú samosprávy s riešeniami formou zmien organizácie dopravy, prípadne so stavebnými úpravami. Tie sú preferované z pohľadu využiteľnosti priestoru, zvýšeniu prehľadnosti organizácie dopravy, ako i vyššiemu efektu uspokojovania prepravy v území. Stavebné úpravy sú však náročnejšie na projektovú prípravu a projektovanie, schvaľovacie procesy a následné vyhotovenie. V prípade projektových príprav a projektovania môže byť nápomocné LiDAR mapovanie, ktoré môže zefektívniť a zlacniť presné geodetické zameriavanie a urýchliť tak proces tvorby podkladov pre potreby plánovania a projektovania takýchto zásahov.

Problémy, ktoré experiment adresuje:

- dostupnosť a kvalita údajov verejnej správy a otvorených údajov,
- problematika lokálnych emisií z dopravy, a to či už z vozidiel patriacich rezidentom, alebo tranzitujúcim osobám, prípadne emisiám z doručovania tovaru a služieb,
- vysoký tranzit v niektorých mestských zónach má výrazne negatívny vplyv na kvalitu ovzdušia a následne na zdravie obyvateľov týchto zón, pričom sa často jedná o centrálné mestské zóny predovšetkým jadrových miest,
- vysoká fluktuácia každodenných dochádzajúcich obyvateľov za prácou z okolitých mestských častí, prípadne obcí využívajúc do značnej miery osobnú dopravu,
- nedostatok, alebo nekompletnosť podkladov pre potreby priestorových zmien a zmien v organizácii dopravy.

Cieľ experimentu:

1. Overenie dostupnosti a použiteľnosti (kvality) údajov potrebných na vytvorenie nástroja pre zjednodušenie tvorby a implementácie nízkoemisných zón (podľa metodiky popísanej v 10.1 Prístup k overeniu kvality údajov pre vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ).
2. Overenie použiteľnosti 3D modelov pre potreby plánovania a projekcie:
 - a. zmapovať LiDAR technológiou vybraný úsek ulice, na ktorej MIB plánuje v roku 2024 stavebné úpravy s cieľom reorganizácie a upokojenia dopravy v meste,
 - b. ten istý úsek ulice zmapovať pomocou HD kamerového dronového snímání,
 - c. porovnať výstupy z obidvoch snímaní,
 - d. overiť použiteľnosť získaných 3D modelov pre potreby plánovania a projekcie,
 - e. porovnať časovú a finančnú efektívnosť LiDAR mapovania pre plánovanie dopravnopriestorových zmien.

10. Metodický Prístup

10.1. Prístup k overeniu kvality údajov pre vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ

Táto kapitola predstavuje komplexný metodický prístup k vytvoreniu interaktívneho nástroja špeciálne navrhnutého pre vytváranie NEZ. Cieľom tohto nástroja je poskytnúť predstaviteľom mesta, politikom a výskumníkom užívateľsky prívetivú platformu na vizualizáciu geopriestorových údajov pre zjednodušenie procesu návrhu NEZ. Metodický prístup zahŕňa niekoľko krokov vrátane analýzy vstupných údajov, návrhu dátového modelu nástroja a spracovania vrstiev. Každý krok prispieva k celkovej funkčnosti a efektívnosti nástroja, pričom zabezpečuje jeho spoľahlivosť a presnosť.

Vytvorenie interaktívneho nástroja pre nízkoemisné zóny si vyžaduje dobre definovaný a systematický metodický prístup. Táto kapitola predstavuje potrebné kroky, ktoré je potrebné vykonať, počnúc analýzou vstupných údajov, pokračujúc návrhom dátového modelu nástroja a končiac spracovaním vrstiev. Nasledovaním týchto krokov môže nástroj presne znázorniť rozsah a vplyv nízkoemisných zón, čo umožní mestským aktérom prijímať informované rozhodnutia a monitorovať pokrok smerom k zeleňšej a zdravšej budúcnosti.

Postup pre overenie kvality údajov pre vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ:

- Zber dostupných vstupných údajov,
- Spracovanie údajov do vrstiev,
- Vytvorenie používateľského prostredia nástroja,
- Vyhodnotenie kvality údajov a ich použiteľnosti pre vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ, z hľadiska ich:
 - o Úplnosti,
 - o Presnosti,
 - o Platnosti (validity),
 - o Konzistentnosti,
 - o Dostupnosti.

10.1.1. Špecifikácia vstupných údajov

Prvým zásadným krokom pri vytváraní interaktívneho nástroja je analýza vstupných údajov. To zahŕňa zber a spracovanie údajov z viacerých zdrojov, ako sú dopravné modely, emisie vozidiel, cestné siete a geografické hranice zón s nízkymi emisiami. Na zhromažďovanie relevantných súborov údajov sa používajú rôzne nástroje a techniky GIS, čím sa zabezpečuje ich kvalita, konzistencia a kompatibilita. Okrem toho sa vykonávajú procesy validácie a overovania údajov na identifikáciu akýchkoľvek nezrovnalostí alebo chýb, ktoré môžu ovplyvniť presnosť nástroja.

Potrebné vstupné údaje boli identifikované v rámci výstupu A nasledovne:

- Digitálna mapa SR,
- Geometrická mapa ochrany krajiny a prírody,
- Geometrická mapa cestnej siete SR,
- Sémantické údaje o kvalite vzduchu,
- Dynamická mapa dopravného zaťaženia.

Tabuľka 19: Popis údajov – Mapa dopravného zaťaženia

MAPA DOPRAVNÉHO ZAŤAŽENIA	
Názov:	World Traffic Service
Poskytovateľ / Zodpovedná organizácia	HERE Technologies
Zdroj:	HERE Technologies
Formát:	API

Tabuľka 20: Popis údajov – Údaje o kvalite vzduchu

ÚDAJE O KVALITE VZDUCHU	
Názov:	INSPIRE PD 4,01 Informácie o kvalite okolitého ovzdušia
Poskytovateľ / Zodpovedná organizácia	Slovenský hydrometeorologický ústav
Zdroj:	INSPIRE
Formát:	Ukladacie služby (WFS) Údaje v gride 1x1 km: – Ročný priemer znečistení vzduchu PM_{2,5} – Ročný priemer znečistení vzduchu PM₁₀ – Ročný priemer znečistení vzduchu O₃ – Ročný priemer znečistení vzduchu NO₂

Tabuľka 21: Popis údajov – Mapa cestnej siete

MAPA CESTNEJ SIETE	
Názov:	OpenStreetMap Highways for Europe
Poskytovateľ / Zodpovedná organizácia	OpenStreetMap
Zdroj:	OpenStreetMap
Formát:	API

Tabuľka 22: Popis údajov – Lokalizácia chránených oblastí

LOKALIZÁCIA CHRÁNENÝCH OBLASTÍ	
Názov:	INSPIRE PD 25,01 Lokalizácia chránených oblastí (článok 6 a 7) Natura 2000
Poskytovateľ / Zodpovedná organizácia	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
Zdroj:	INSPIRE
Formát:	WFS

Tabuľka 23: Popis údajov – Databáza chránených území

DATABÁZA CHRÁNENÝCH ÚZEMÍ	
Názov:	INSPIRE PD 45,01 CDDA Spoločná databáza chránených území
Poskytovateľ / Zodpovedná organizácia	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
Zdroj:	INSPIRE
Formát:	WFS

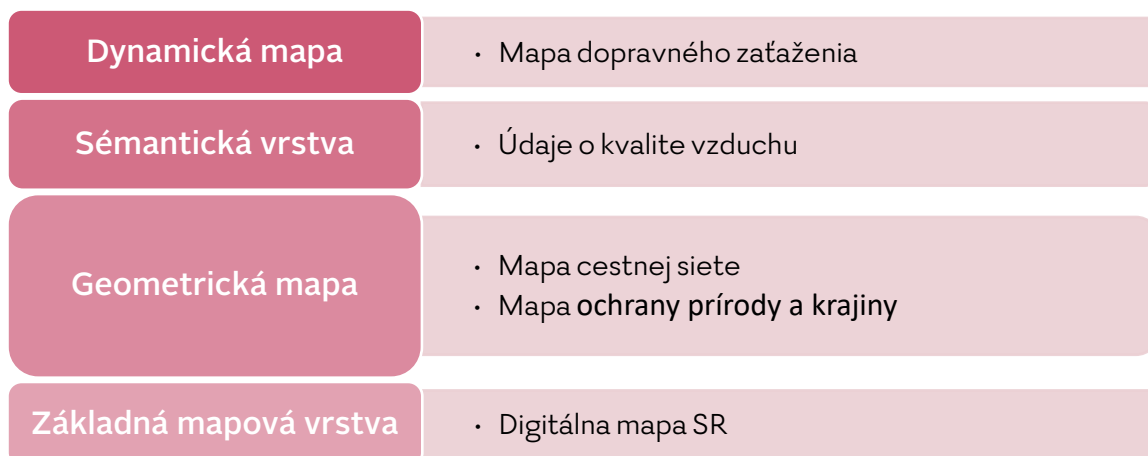
Tabuľka 24: Popis údajov – Digitálna mapa SR

DIGITÁLNA MAPA SR	
Názov:	OpenStreetMap
Poskytovateľ / Zodpovedná organizácia	OpenStreetMap
Zdroj:	Eurostat
Formát:	API

10.1.2. Dátový model nástroja a spracovanie údajových vrstiev

Po získaní a analýze vstupných údajov nasleduje ďalší krok, ktorý zahŕňa návrh dátového modelu pre interaktívny nástroj. Robustný a efektívny dátový model umožňuje bezproblémovú integráciu rôznych vrstiev a atribútov, čo uľahčuje presnú vizualizáciu a analýzu. To zahŕňa definovanie priestorových vzťahov medzi rôznymi komponentmi, ako sú cesty, zdroje emisií a prírodné zóny. Okrem toho by mal byť dátový model dostatočne flexibilný, aby sa prispôbil budúcim aktualizáciám a úpravám v závislosti od vývoja NEZ.

Obrázok 16: Dátový model nástroja pre tvorbu NEZ



Po finalizácii dátového modelu sa ďalší krok zameriava na spracovanie vrstiev. Tento krok zahŕňa transformáciu nespracovaných údajov do vizualizovaných vrstiev, ktoré môžu používatelia ľahko interpretovať a analyzovať. Spracovanie môže okrem iných techník manipulácie s údajmi zahŕňať agregáciu údajov, interpoláciu a definíciu symboliky. Okrem toho sa vykonáva integrácia vrstiev, aby sa zabezpečila bezproblémová interakcia a dostupnosť pre používateľov.

Počas celého procesu musí vývojový tím zvážiť škálovateľnosť a výkon interaktívneho nástroja. To zahŕňa výber vhodných softvérových rámcov, optimalizáciu algoritmov a implementáciu efektívnych riešení na

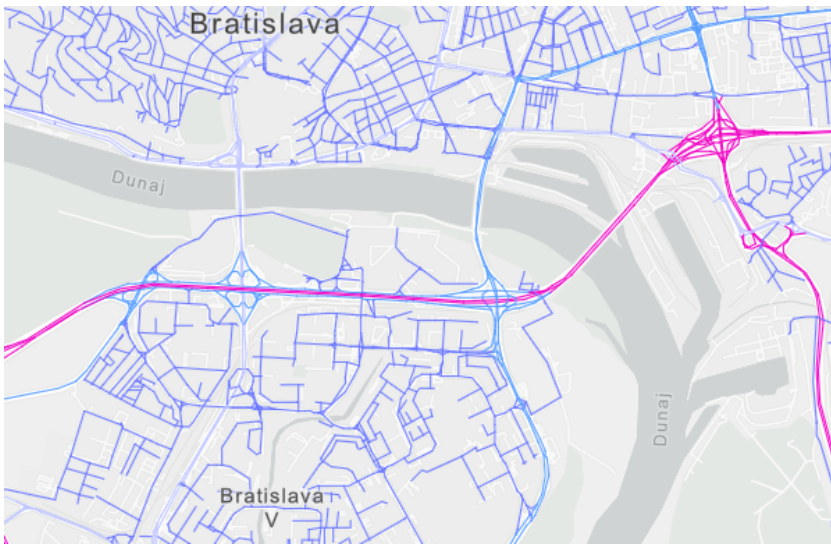
ukladanie dát. Zabezpečením bezproblémovej funkčnosti a používateľskej skúsenosti (UX) sa tento nástroj môže predstavovať prínos pre mestských plánovačov, tvorcov politik a výskumníkov.

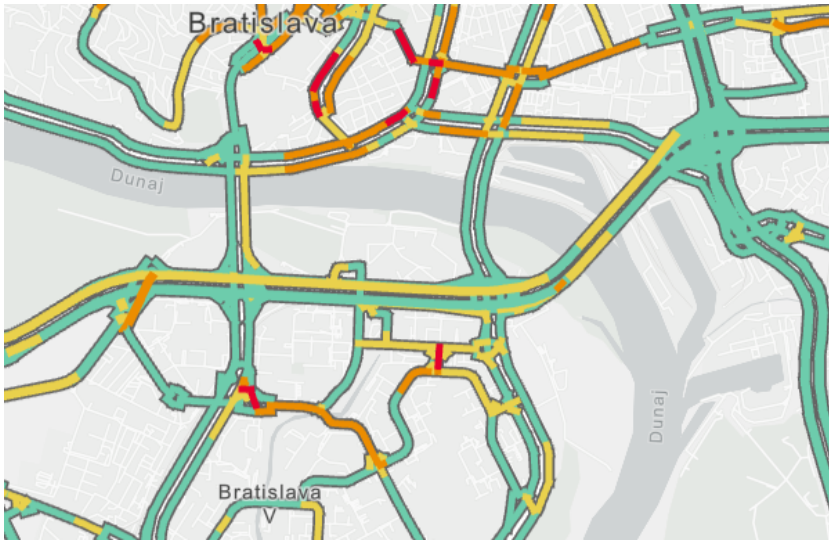
V rámci nástroja na vytváranie NEZ boli zozbierané údaje podľa špecifikácie prípadu použitia vo výstupe A. Zozbierané údaje nebolo potrebné manuálne spracovávať ani čistiť. Pokus nahráť údaje na platformu HERE Technologies prebehol neúspešne – vyskytla sa chyba na strane platformy, ktorú nebolo možné odstrániť (tiež nebolo možné v efektívnom časovom rámci naviazať kontakt s technickou podporou platformy). Údaje sa podarilo nahráť na platformu ArcGIS. Nahraté údaje boli transformované do vrstiev podľa obrázka uvedeného vyššie (Obrázok 16).

Tabuľka 25: Transformácia vstupných údajov do vrstiev

ZÁKLADNÁ MAPOVÁ VRSTVA: DIGITÁLNA MAPA SR	
Názov vrstvy:	Základná mapová vrstva (OpenStreetMap)
Nastavenie:	Štýl mapy – Svetlošedé plátno
Náhľad:	
VRSTVA A: OCHRANA PRÍRODY A KRAJINY (ZLOŽENÁ VRSTVA)	
Názov vrstvy:	Ochrana prírody a krajiny
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov: - Mapa chránených oblastí (INSPIRE) - Mapa chránených území (INSPIRE) - Vzhľad: - Prelínanie: Normálne - Prieľadnosť: 0 %
VRSTVA A.1: MAPA CHRÁNENÝCH OBLASTÍ (INSPIRE)	

Názov vrstvy:	Mapa chránených oblastí (INSPIRE)
Nastavenie:	- Štýl symbolu – Vektorový polygón (modrá) - Vzhľad – Prelínanie „normálne“
Náhľad:	
VRSTVA A.2: MAPA CHRÁNENÝCH ÚZEMÍ (INSPIRE)	
Názov vrstvy:	Mapa chránených území (INSPIRE)
Nastavenie:	- Štýl symbolu – Vektorový polygón (zelená) - Vzhľad – Prelínanie „normálne“
Náhľad:	
VRSTVA B: DOPRAVA (ZLOŽENÁ VRSTVA)	

Názov vrstvy:	Doprava												
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov: - Mapa cestnej siete (OpenStreetMap) - Mapa dopravného zaťaženia (HERE Technologies) - Vzhľad: - Prelínanie: Normálne - Priehlľadnosť: 0 %												
VRSTVA B.1: MAPA CESTNEJ SIETE (OPENSTREETMAP)													
Názov vrstvy:	Mapa cestnej siete (OpenStreetMap)												
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov – podľa typu: jedinečné symboly, zoskupené do 5 skupín podľa kategórií: highway <table> <tr> <td>Skupina 1</td><td>25711993 ...</td></tr> <tr> <td> motorway, motorway_link</td><td>292776</td></tr> <tr> <td> primary, primary_link</td><td>1374035</td></tr> <tr> <td> secondary, secondary_link</td><td>2061300</td></tr> <tr> <td> unclassified, residential, tertiary, tertiary_link</td><td>4560085</td></tr> <tr> <td> road</td><td>30032</td></tr> </table> - Vzhľad – Prelínanie „normálne“	Skupina 1	25711993 ...	motorway, motorway_link	292776	primary, primary_link	1374035	secondary, secondary_link	2061300	unclassified, residential, tertiary, tertiary_link	4560085	road	30032
Skupina 1	25711993 ...												
motorway, motorway_link	292776												
primary, primary_link	1374035												
secondary, secondary_link	2061300												
unclassified, residential, tertiary, tertiary_link	4560085												
road	30032												
Náhľad:													
VRSTVA B.2: MAPA DOPRAVNÉHO ZAŤAŽENIA (HERE TECHNOLOGIES)													

Názov vrstvy:	Mapa dopravného zaťaženia (HERE)
Nastavenie:	Východiskové
Náhľad:	
VRSTVA C: ÚDAJE O KVALITE VZDUCHU (2021) (ZLOŽENÁ VRSTVA)	
Názov vrstvy:	Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE)
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov: - Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – pm2.5 - Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – pm10 - Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – O3 - Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – NO2 - Vzhľad: - Prelínanie: Normálne - Prieľadnosť: 50 %
VRSTVA C.1: ÚDAJE O KVALITE VZDUCHU (INSPIRE) – PM2.5	

Názov vrstvy:	Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – pm2.5															
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov – podľa typu: jedinečné symboly, zoskupené do 4 skupín podľa nameraných hodnôt: pm2.5_yr_range <table><tr><td>...</td><td>Názov</td><td>49938 ...</td></tr><tr><td>...</td><td>☐ (20 - 25></td><td>118</td></tr><tr><td>...</td><td>☐ (14 - 20></td><td>15986</td></tr><tr><td>...</td><td>☐ (7 - 14></td><td>29526</td></tr><tr><td>...</td><td>☐ <= 7</td><td>4308</td></tr></table> - Vzhľad – Prelínanie „stmaviť“ (<i>Darken only</i>)	...	Názov	49938 ...	...	☐ (20 - 25>	118	...	☐ (14 - 20>	15986	...	☐ (7 - 14>	29526	...	☐ <= 7	4308
...	Názov	49938 ...														
...	☐ (20 - 25>	118														
...	☐ (14 - 20>	15986														
...	☐ (7 - 14>	29526														
...	☐ <= 7	4308														
Náhľad:																
VRSTVA C.2: ÚDAJE O KVALITE VZDUCHU (INSPIRE) – PM10																

Názov vrstvy:	Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – pm10																
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov – podľa typu: jedinečné symboly, zoskupené do 7 skupín podľa nameraných hodnôt: pm10_yr_range <table border="1"> <thead> <tr> <th>Názov</th><th>49938 ...</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(35 - 40></td><td>6</td></tr> <tr> <td>(30 - 35></td><td>35</td></tr> <tr> <td>(25 - 30></td><td>724</td></tr> <tr> <td>(20 - 25></td><td>8580</td></tr> <tr> <td>(15 - 20></td><td>21765</td></tr> <tr> <td>(10 - 15></td><td>12665</td></tr> <tr> <td><= 10</td><td>6163</td></tr> </tbody> </table> - Vzhľad – Prelínanie „stmaviť“ (<i>Darken only</i>)	Názov	49938 ...	(35 - 40>	6	(30 - 35>	35	(25 - 30>	724	(20 - 25>	8580	(15 - 20>	21765	(10 - 15>	12665	<= 10	6163
Názov	49938 ...																
(35 - 40>	6																
(30 - 35>	35																
(25 - 30>	724																
(20 - 25>	8580																
(15 - 20>	21765																
(10 - 15>	12665																
<= 10	6163																
Náhľad:																	

VRSTVA C.3: ÚDAJE O KVALITE VZDUCHU (INSPIRE) – O3

Názov vrstvy:

Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – O3

Nastavenie:

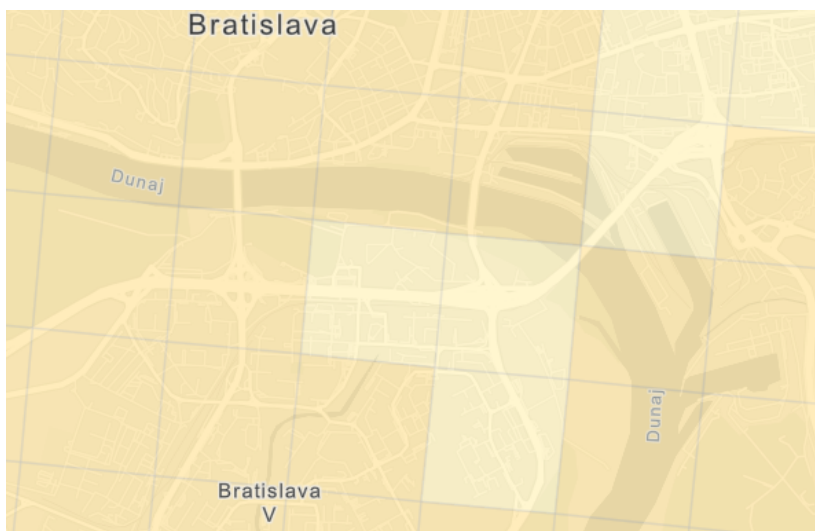
- Zobrazenie prvkov – podľa typu: jedinečné symboly, zoskupené do 7 skupín podľa nameraných hodnôt:

o3_yr_range

Názov	49938 ***
> 90	57
(80 - 90>	230
(70 - 80>	839
(60 - 70>	6591
(50 - 60>	31039
(40 - 50>	11082
(0 - 40>	100

- Vzhľad – Prelínanie „stmaviť“ (*Darken only*)

Náhľad:



VRSTVA C.4: ÚDAJE O KVALITE VZDUCHU (INSPIRE) – NO2

Názov vrstvy:	Údaje o kvalite vzduchu (INSPIRE) – NO2																				
Nastavenie:	- Zobrazenie prvkov – podľa typu: jedinečné symboly, zoskupené do 9 skupín podľa nameraných hodnôt: no2_yr_range <table> <tr> <th>Názov</th><th>49938 ...</th></tr> <tr> <td>(30 - 40></td><td>15</td></tr> <tr> <td>(20 - 30></td><td>66</td></tr> <tr> <td>(15 - 20></td><td>391</td></tr> <tr> <td>(10 - 15></td><td>2454</td></tr> <tr> <td>(8 - 10></td><td>2708</td></tr> <tr> <td>(6 - 8></td><td>8797</td></tr> <tr> <td>(4 - 6></td><td>6902</td></tr> <tr> <td>(2 - 4></td><td>24189</td></tr> <tr> <td><= 2</td><td>4416</td></tr> </table> - Vzhľad – Prelínanie „stmaviť“ (<i>Darken only</i>)	Názov	49938 ...	(30 - 40>	15	(20 - 30>	66	(15 - 20>	391	(10 - 15>	2454	(8 - 10>	2708	(6 - 8>	8797	(4 - 6>	6902	(2 - 4>	24189	<= 2	4416
Názov	49938 ...																				
(30 - 40>	15																				
(20 - 30>	66																				
(15 - 20>	391																				
(10 - 15>	2454																				
(8 - 10>	2708																				
(6 - 8>	8797																				
(4 - 6>	6902																				
(2 - 4>	24189																				
<= 2	4416																				
Náhľad:																					

Pomocou nástroja *Intersect* v rámci platformy ArcGIS Pro bolo možné otestovať a vytvoriť dve analytické vrstvy s cieľom pochopiť priestorové vzťahy medzi viacerými množinami údajov. *Intersect* je nástroj na geospracovanie, ktorý umožňuje používateľom vytvoriť novú triedu prvkov obsahujúcu spoločné geometrie alebo atribúty dvoch alebo viacerých tried vstupných prvkov. Tento nástroj vykoná operáciu prekrytia, určí priesečník tried vstupných prvkov a vytvorí novú triedu prvkov s výslednými prvkami. Trieda

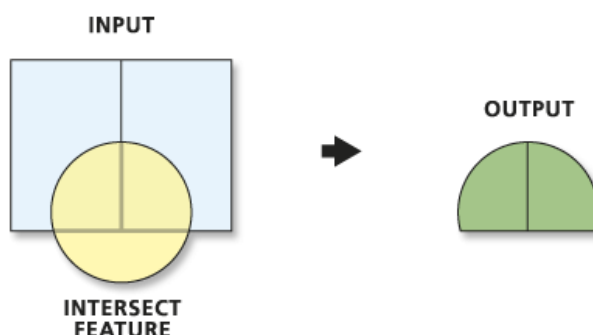
výstupných prvkov môže obsahovať atribúty aj geometriu vstupných prvkov, ktoré sa navzájom pretínajú (Obrázok 17).

V rámci nástroja boli pomocou nástroja *Intersect* analyzované priesečníky vrstiev:

- A1: “Lokalizácia chránených oblastí” a B1: “Mapa cestnej siete”,
- A2: “Databáza chránených území” a B1: “Mapa cestnej siete”,

s cieľom nájsť úseky ciest, ktoré zasahujú do zón ochrany prírody a krajiny.

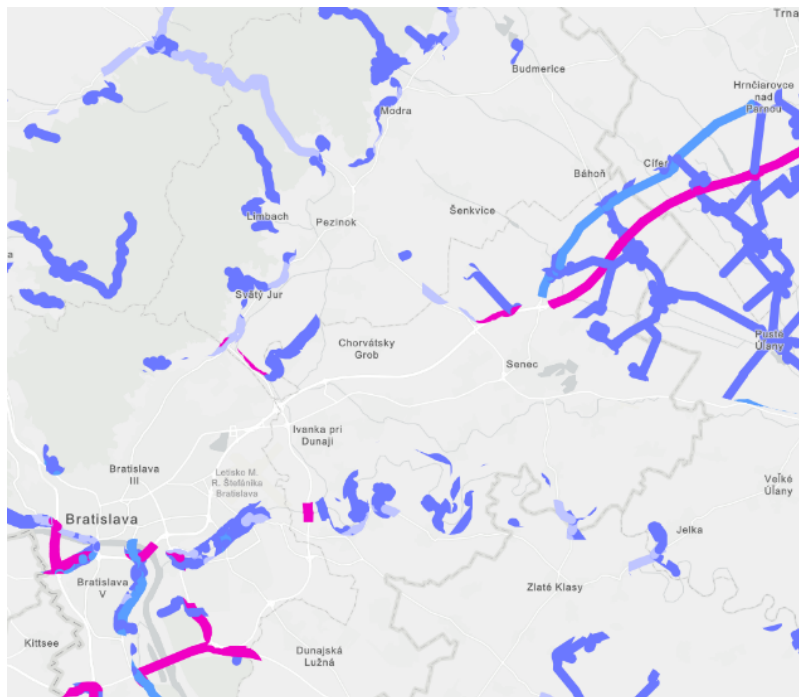
Obrázok 17: Ilustrácia nástroja *Intersect*



Tabuľka 26: Analytická vrstva nástroja

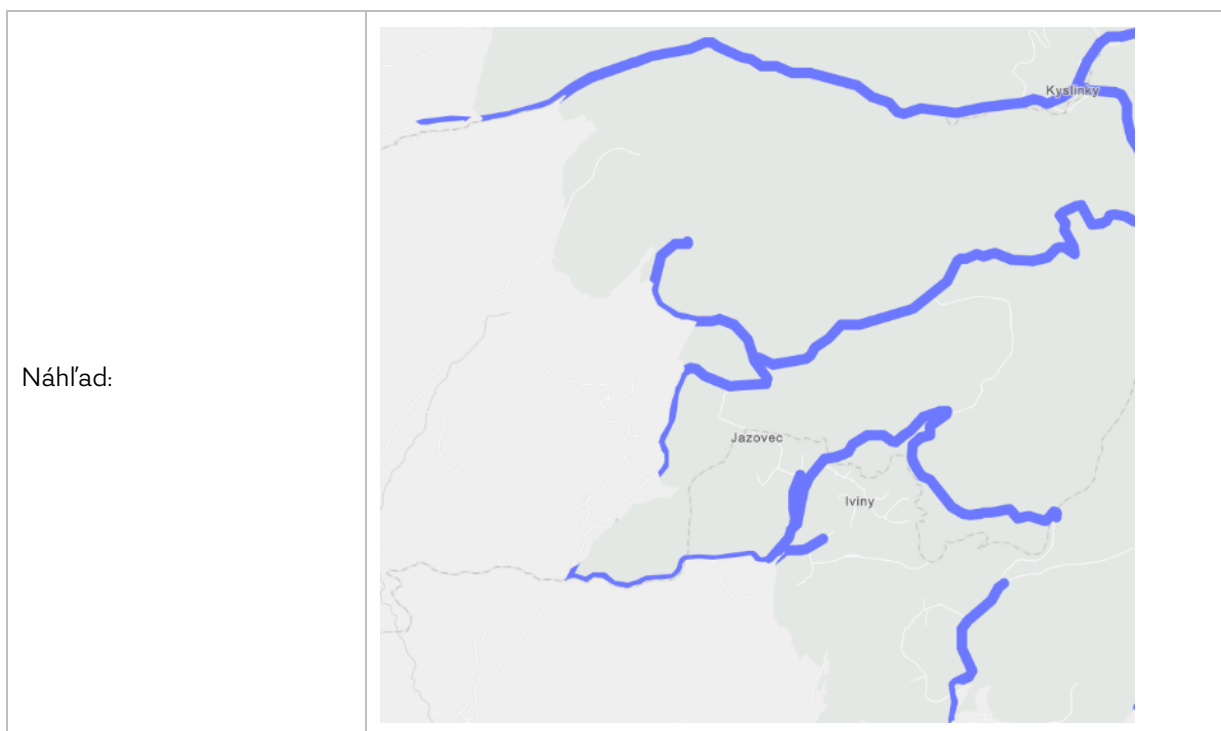
VRSTVA E: ANALYTICKÁ VRSTVA (ZLOŽENÁ)	
Názov vrstvy:	Analytická vrstva
Nastavenie:	• Zobrazenie prvkov: ○ Analýza E1 : $A1 \cap B1$ ○ Analýza E2 : $A2 \cap B1$ • Vzhľad: ○ Prelínanie: Normálne ○ Priehľadnosť: 0 %
ANALÝZA E1: $A1 \cap B1$	
Názov vrstvy:	Analýza E1: $A1 \cap B1$
Vstupný parameter 1:	Vrstva A1: Lokalizácia chránených oblastí (INSPIRE)
Vstupný parameter 2:	Vrstva B1: Mapa cestnej siete (OpenStreetMap)
Funkcia:	<i>Intersect tool</i>

Náhľad



ANALÝZA E1: $A2 \cap B1$

Názov vrstvy:	Analýza E2: $A2 \cap B1$
Vstupný parameter 1:	Vrstva A2: Databáza chránených území (INSPIRE)
Vstupný parameter 2:	Vrstva B1: Mapa cestnej siete (OpenStreetMap)
Funkcia:	<i>Intersect tool</i>

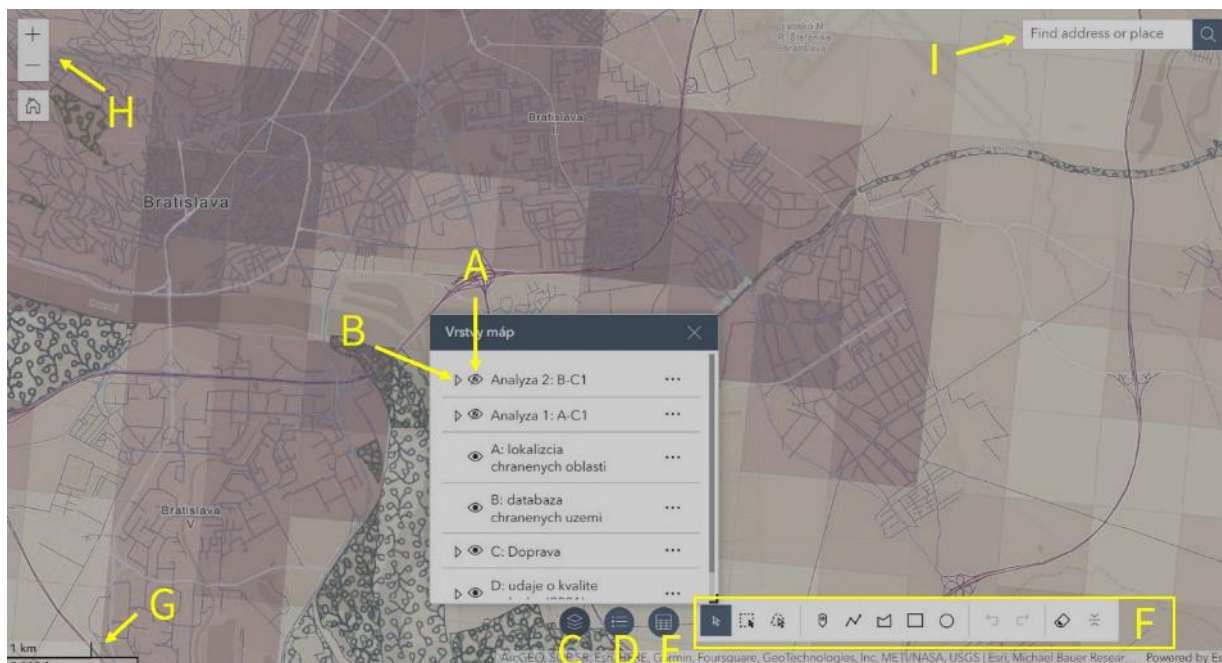


10.1.3. Popis používateľského prostredia nástroja

Z vytvorenej mapy bolo možné vytvoriť webovú aplikáciu pomocou webového rámca na vývoj aplikácií ArcGIS Experience Builder. Je súčasťou platformy ArcGIS poskytovanej spoločnosťou Esri, popredným poskytovateľom softvéru a riešení GIS (*Geographic Information System*).

Pomocou ArcGIS Experience Builder môžu používatelia vytvárať interaktívne a vizuálne príťažlivé webové aplikácie kombináciou rôznych prvkov, ako sú mapy, grafy, tabuľky, formuláre, obrázky a text. Poskytuje rozhranie drag-and-drop na jednoduché navrhovanie a konfiguráciu aplikácií, čo používateľom umožňuje prispôbiť rozloženie, témy, farby a štýly. Aplikácie vytvorené pomocou ArcGIS Experience Builder môžu obsahovať širokú škálu funkcií a funkcií, ako je navigácia, vyhľadávanie, filtre, kontextové okná, integrácia médií a 3D scény, vrátane analýzy údajov, mapovania a spolupráce.

Obrázok 18: Popis používateľského prostredia nástroja v ArcGIS Experience Builder



Popis vybraných funkcií nástroja v ArcGIS Experience Builder:

- A: Viditeľnosť vrstvy
- B: Rozbaliť vrstvu
- C: Zobrazíť okno s vrstvami
- D: Zobrazíť legendu
- E: Zobrazíť tabuľkové dáta
- F: Pás s nástrojmi na kreslenie
- G: Mierka mapy
- H: Priblížiť mapu
- I: Vyhľadať adresu

Špecifikácia nástroja na kreslenie

Miniaplikácia (*widget*) *Draw* umožňuje používateľom vytvárať jednoduchú grafiku pre body, čiary a polygóny na 2D webovej mape alebo 3D webovej scéne. Používatelia môžu k nakreslenej grafike pridať merania pre polohu súradníc, dĺžku, obvod a plochu.

Panel s nástrojmi na kreslenie poskytne používateľom nasledujúce nástroje:

- **Vybrať prvok**, **Vybrať podľa obdĺžnika** a **Vybrať lasom** – metódy výberu nakreslených prvkov.
- **Kresliť bod**, **Kresliť čiaru**, **Kresliť mnohoúholník**, **Kresliť obdĺžnik** a **Kresliť kruh** – načrtnutie objektu na mape.

- **Späť a Opakovať** (*Undo / Redo*) — Vrátenie alebo opätovné vykonanie akcií.
- **Vymazať všetko** — odstránenie všetkých nakreslených prvkov z aktuálne aktívnej webovej mapy.

10.2. Prístup k overeniu prístupov pre vytvorenie 3D mračna bodov

V posledných rokoch výrazne vzrástla potreba presných a detailných 3D modelov pre urbanistické plánovanie a rozvoj. 3D mračná bodov sa ukázali ako účinný nástroj na zachytenie fyzického sveta v troch rozmeroch, čo umožňuje urbanistom a architektom vizualizovať a analyzovať mestské prostredie v bezprecedentných detailoch. Výber najvhodnejšej metódy na vytváranie týchto 3D modelov však zostáva výzvou, pretože presnosť údajov a ekonomická efektívnosť sú rozhodujúce faktory pre rozhodovanie.

Táto kapitola sa zameriava na metodický prístup k overeniu dvoch rôznych prístupov na vytvorenie 3D mračna bodov na vybranom úseku ulice. Účelom tejto validácie je určiť najvhodnejší spôsob zmapovania ulice, v ktorej mesto plánuje stavebné úpravy s cieľom reorganizácie a upokojenia dopravy v meste.

Dve metódy, ktoré sa majú v tejto overovacej štúdii porovnať, sú mapovanie z drona pomocou technológie LiDAR a HD kamery. LiDAR alebo Light Detection and Ranging je technológia diaľkového snímania, ktorá využíva laser na meranie vzdialeností a vytváranie detailných 3D modelov objektov alebo povrchov. Na druhej strane, drony s HD kamerou zachytávajú snímky s vysokým rozlíšením, ktoré možno použiť na vytváranie 3D modelov pomocou techník fotogrametrie (*photogrammetry*).

Proces overovania bude zahŕňať mapovanie vybraného úseku ulice pomocou technológie LiDAR a HD kamery. Výsledné mračná bodov z oboch skenov sa potom porovnajú a analyzujú z hľadiska presnosti, úrovne detailov a použiteľnosti pre potreby plánovania a projekcie. Okrem toho sa bude hodnotiť aj časová a finančná efektívnosť LiDAR mapovania pre plánovanie zmien v dopravnom priestorovom usporiadaní. Porovnaním týchto dvoch metód vznikne prehľad o ich výhodách a obmedzeniach pre vytváranie 3D údajov mestského prostredia. Tieto informácie pomôžu osobám s rozhodovacou právomocou, urbanistom a architektom robiť informované rozhodnutia týkajúce sa najvhodnejšieho prístupu pre ich špecifické potreby, zabezpečiť efektívne využitie zdrojov a dosiahnuť optimálne výsledky plánovania.

10.2.1. Špecifikácia mapovania v teréne

Špecifikácia použité technológie

Dronové mapovanie s HD kamerou sa v súčasnej dobe už na Slovensku používa. Oddelenie dátových a priestorových analýz v rámci Magistrátu hlavného mesta SR Bratislava sa dronovému mapovaniu venuje už niekoľko rokov a ich tím vrátane GIS Admina a UAV pilota pána Maroša Michalov súhlasil s pomocou na mapovaní v teréne, čo zahŕňalo administratívny proces pred mapovaním, mapovanie s ich dronom DJI Zenmuse P1 (HD kamera), spracovanie údajov a vytvorenie exportu 3D mračna bodov. Pán Michalov tiež poskytol rozhovor (Tabuľka 27) ohľadom porovnania LiDAR a HD kamery z ich osobitnej skúsenosti.

Tabuľka 27: Rozhovor s Marošom Michalov (Magistrát hl. m. BA)

ROZHOVOR S MAROŠOM MICHALOV OHĽADOM MAPOVANIA S LIDAR A HD KAMEROU	
ALISTIQ:	“Prečo Magistrát hl. m. BA preferuje dronové snímanie s HD kamerou oproti LiDAR technológii?”
Maroš Michalov:	“Hlavná výhoda HD kamery je jednoducho cena. LiDAR kamera stojí 12 tis. EUR a porovnateľná HD kamera 6 tis. EUR. Keď bola HD kamera obstarávaná, tak navyše ešte nebolo jasné ak DJI Terra alebo nejaký iný SW ponúkne pre LiDAR automatickú klasifikáciu zozbieraných údajov, alebo bude potrebné doklasifikovať dáta ručne, takže HD kamera bola lacnejšia a rýchlosť spracovania je vyššia.”
ALISTIQ:	“Prečo práve zariadenie od DJI?”
Maroš Michalov:	“V kategórii C3 nie je iná platforma ako DJI, ktorá má napríklad integráciu svojich dronov na multispektrálne senzory (komáre, NDVI indexy). Taktiež má široké portfólio iných senzorov (LiDAR, termo kamery, inšpekčné kamery), kde stačí, že si používateľ dokúpi jeden senzor alebo kameru a nemusí kupovať celý UAV systém (dron, gimbal, kamera/senzor).”
ALISTIQ:	“Prečo Magistrát hl. m. BA zakúpil práve DJI Zenmuse P1”
Maroš Michalov:	“Zariadenie DJI Zenmuse P1 bolo pre mesto obstarané cez verejné obstarávanie, kde vyšlo ako najlepšie z pohľadu cena/výkon. Keby sme chceli nejakú kameru na mieru, napríklad Sony Alpha, tak ešte musíme riešiť integráciu na dron a na gimbal. Takto zariadenie od DJI prišlo v jednom kuse, v zmysle, že dron je kompatibilný s kamerou a nie je potrebné riešiť ešte popri lete aj kalibráciu gimbal, integráciu na DJI skyport atď.”

Tabuľka 28: Porovnanie použité technológie

ŠPECIFIKÁCIA	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Dron	DJI Matrice 300	DJI Matrice 300
Váha so senzorom	930 g	787 g
Detekčný rozsah	190m pri 10% odrazivosti, 100klx; 450m pri 80% odrazivosti, 0klx	-
Frekvencia skenovania	80 tis./s., 160 tis./s., 240 tis./s.	obraz každých 0,7 s
Systémová presnosť (1σ)	10 cm v 50 m (H.), 5 cm v 50 m (V.)	3 cm (H), 5 cm (V)
Presnosť merania vzdialenosti	3 cm v 100 m	-

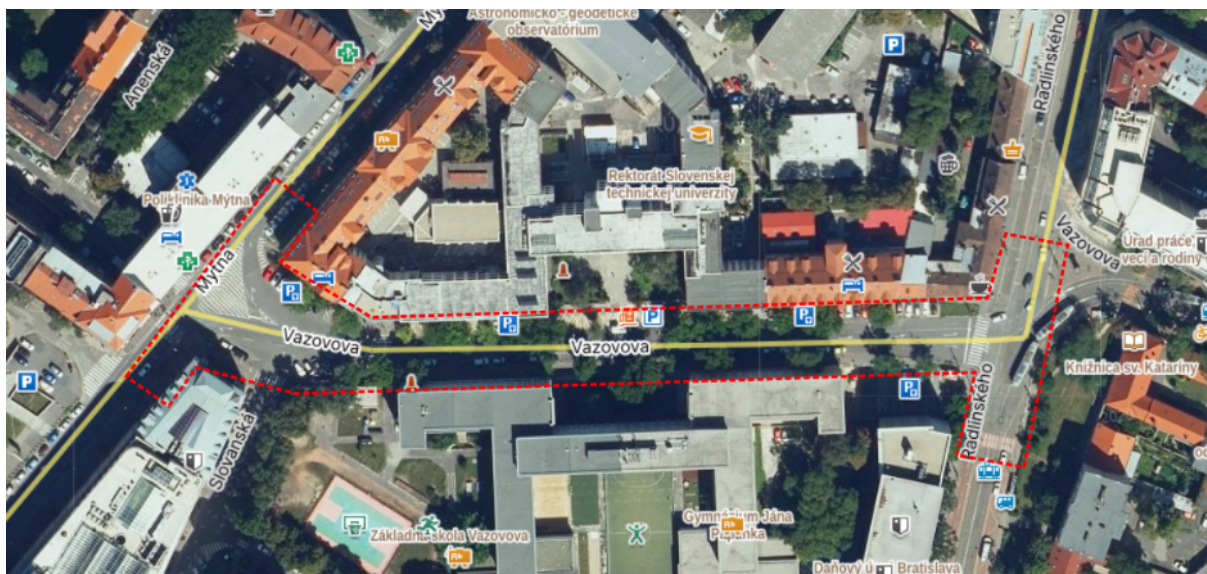
ŠPECIFIKÁCIA	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Zorné pole (Jednorazové skenovanie)	70.4° (H.), 77.2° (V.)	84°
Zorné pole (Opakované skenovanie)	70.4° (H.), 4.5° (V.)	-
Veľkosť pixelu	-	4.4 μm
Rozlíšenie snímača	20 MP (5472 × 3078)	45 MP (8192 × 5460)
Rozsah clony	f/2.8 – f/11	f/2.8–f/16
Pokrytie počas jedného letu	2 km ²	3 km ²
Ochrana	IP54 – čiastočná ochrana pred vniknutím prachu, odolné voči striekajúcej vode	IP4X – Ochrana proti dotyku drôtom
Odporúčaná pracovná výška	50 – 120m	50–200m

Špecifikácia lokality pre mapovanie

Po dohode s MIB (Metropolitný inštitút Bratislavy) bola zvolená lokalita ulice Vazovova, BA a okolie (Obrázok 19). Výber pozitívne ovplyvnilo niekoľko faktorov:

- V lokalite sa nachádza:
 - množstvo dopravného značenia (vodorovné, zvislé),
 - križovatka,
 - zeleň a stromy,
 - električková trať a infraštruktúra,
 - parkovisko,
 - chodník a prechody pre chodcov,
 - autobusová zastávka
 - nabíjacia stanica
 - kritická infraštruktúra (SNB)
- Možnosť vytvoriť podklady pre plánovanie mesta (MIB má zámer v tejto lokalite navrhnuť zmeny v dopravnej obslužnosti).

Obrázok 19: Vymedzenie lokality na skenovanie – rozsah označený čiarkovanou čiarou



Podrobnosti o lokalite:

- GPS: 48.1543258N, 17.1178778E
- Plocha: ~4 500 m²

10.2.2. Výber odborných kapacít na mapovanie

Skenovanie pomocou HD kamery (DJI Zenmuse P1) zabezpečil pán Maroš Michalov s tímom z oddelenia dátových a priestorových analýz Magistrátu hlavného mesta SR Bratislava. Skenovanie pomocou LiDARu (DJI Zenmuse L1) bolo potrebné obstaráť cez súkromný sektor v SR. Celkom 4 spoločnosti poslali cenovú ponuku po telefonickom kontakte. Kritérium na vyhodnotenie cenových ponúk bola najnižšia cena. Nižšie uvádzame tabuľku s prehľadom cenových ponúk oslovených firiem.

Tabuľka 29: Prehľad cenových ponúk oslovených firiem

FIRMA	CENOVÁ PONUKA
OVERHEAD s.r.o. (IČO 51237920)	– Letecké práce: 980 EUR bez DPH, – Spracovanie údajov: 300 EUR bez DPH, – Geodetické zameranie: 180 EUR bez DPH, – Cestovné náklady : 156 EUR bez DPH, Spolu: 1939,20 EUR s DPH

FIRMA	CENOVÁ PONUKA
Terradron s.r.o.²⁴ (IČO 50358499)	– Administrácia leteckých prác: 100 EUR bez DPH, – Letecké práce: 450 EUR bez DPH, – Spracovanie údajov: 575 EUR bez DPH, – Kontrolné vlícovacie body: 80 EUR bez DPH, – Technická správa: 50 EUR bez DPH, – Cestovné náklady: 225,5 EUR bez DPH, Spolu: 1 776,60 EUR s DPH
SKYMOVE s.r.o. (IČO 51442558)	– Administrácia leteckých prác: 95 EUR bez DPH, – Letecké práce: 310 EUR bez DPH, – Spracovanie údajov: 350 EUR bez DPH Spolu: 906 EUR s DPH
Dolet s.r.o. (IČO 55096743)	Spolu: 660 EUR s DPH

10.2.3. Proces snímkovania

Vďaka svojej schopnosti pristupovať do oblastí, ktoré sú inak ťažko dostupné a zachytávať dáta z rôznych perspektív, sa drony stali neoceniteľným nástrojom pri vytváraní presných a detailných máp založených na 3D mračnách bodov. Táto kapitola opisuje proces vytvorenia 3D mračna bodov zo snímania ulice Vazovova v Bratislave, v dňoch 8. 8. 2023 a 9. 8. 2023.

²⁴ Zabezpečuje letecké mapovanie pre Národnú diaľničnú spoločnosť, a.s. Zdroj: [odkaz](#).

Obrázok 20: Proces vytvorenia 3D mračna bodov



Prvým krokom v tomto procese bolo získanie potrebných povolení na let s dronom. Súlad s miestnymi predpismi a obmedzeniami vzdušného priestoru je prvoradý pre zaistenie bezpečnej a legálnej prevádzky dronového snímání. Proces získania povolenia na let s dronom zvyčajne zahŕňa niekoľko krokov. Po prvé, žiadosť o let s dronom by sa mala podať najmenej 24 hodín pred plánovaným letom. Okrem toho je potrebné tesne pred letom zavolať do letovej veže, ktorá vyžaduje podrobnosti o letu, ako je miesto a predpokladané trvanie letu. Toto oznámenie pomáha riadiacim letovej prevádzky uvedomiť si prítomnosť dronu a zaistiť bezpečnosť ostatných lietadiel v okolí.

Po získaní povolenia na let bol zmapovaný terén ulice a vytvorené značky pre georeferencovanie. Pozemný kontrolný bod (*Ground Control Point*, GCP, Obrázok 21) sa používa pri mapovaní na určenie vzťahu medzi obrázkom zachyteným dronom a zodpovedajúcim bodom na zemi. GCP sú ako body umiestnené na mape, ktoré tvoria mriežku alebo vzor. Keď dron preletí nad týmito bodmi, špecializovaný softvér vypočíta ich polohu. Na zabezpečenie presnosti musí pilot dronu presne zmerať cieľové polohy GCP. To sa vykonáva pomocou presného prieskumného zariadenia, ako je GNSS prijímač, a merania by sa mali riadiť špecifickými normami, zvyčajne s presnosťou do dvoch centimetrov pomocou definovaného kódu EPSG. V prípadoch, keď údaje z leteckého prieskumu nie sú opravené kinematickými (RTK) alebo postprocesnými kinematickými (PPK) metódami, GCP musia existovať v častých intervaloch okolo oblasti mapovania, aby bol výsledok mapy presnejší ako samostatný GPS (presnosť niekoľko metrov).

Keď sú značky pre georeferencovanie na mieste, ďalším krokom je nastavenie trasy letu. To zahŕňa definovanie oblasti, ktorá sa má zmapovať, a určenie optimálnej trajektórie letu na zachytenie

požadovaných údajov. Dôkladne sa berú do úvahy faktory, ako je nadmorská výška, prekrytie a bočné prekrytie, čím sa zabezpečí komplexné pokrytie a redundancia údajov pre robustné modelovanie. Dráha letu bola jedna mriežka (Obrázok 22) so snímaním obrazu nastaveným na šikmé (t. j. kamera na gimbal závесе neudržiava konštantný uhol, ale striedavo získava obrázky v nadir a šikmom smere (nadir a 15 stupňov v štyroch základných smeroch). Zenmuse drony od DJI obsahujú funkciu s názvom „*Smart oblique photography*“, ktorá zjednodušuje proces získavania potrebných fotografií pre 3D rekonštrukciu. Táto funkcia umožňuje získavanie orto aj šikmých fotografií prostredníctvom jednej dráhy letu, ktorú je potrebné dopredu nastaviť. Táto funkcia znižuje počet zhromaždených snímok a zlepšuje sa efektívnosť spracovania po lete. Stratégia zachytávania je určená cieľovými zónami zberu údajov používateľa a lietadlo prispôsobuje rýchlosť letu na základe rôznych šikmých sekvencií zachytávania. V niektorých prípadoch môže byť na okraji letovej plochy zachytených len niekoľko uhlov v závislosti od veľkosti meranej plochy, letovej výšky a uhla sklonu kamery. Cieľom je zachytiť obrázky nevyhnutné na vytváranie presných 3D modelov, optimalizovať proces snímania.

Po všetkých prípravách sa dron vznesie do neba. Počas letu systematicky zachytáva zábery z rôznych uhlov a perspektív. Tieto obrázky poskytujú nespracované údaje potrebné na vytvorenie 3D mapy mračna bodov. Po dokončení letu dron bezpečne pristane, pripravený na spracovanie údajov. Následne sa exportuje trajektória letu, čím sa zabezpečí záznam dráhy, ktorú dron (napríklad pri ďalšom snímaní) prejde počas zberu dát. Tieto informácie pomáhajú pri analýze a validácii údajov, čo umožňuje ďalšie zlepšenie presnosti mapovania a kontroly kvality. Späť v kancelárii sa zachytené údaje spracúvajú pomocou špecializovaného softvéru (DJI Terra). Toto spracovanie zahŕňa zarovnanie obrazu, extrakciu prvkov, generovanie mračna bodov a klasifikáciu terénu. Prostredníctvom týchto krokov sa zozbierané údaje premenia na komplexnú 3D mapu mračna bodov, zachytávajúcu zložité detaily skúmanej oblasti.

Obrázok 21: GCP a dráha letu v ulici Vazovova



Obrázok 22: Dráha letu Vazovova, BA



10.2.4. Špecifikácia ukazovateľov pre overenie použiteľnosti pre potreby plánovania a projekcie

Tabuľka 30: Špecifikácia ukazovateľov pre overenie použiteľnosti technológií pre tvorbu 3D máp

INDIKÁTOR		POPIS
Zložený indikátor I1: Zobrazenie dopravného značenia	Indikátor I1.1: Presné zobrazenie vodorovného dopravného značenia	Mapa presne zobrazuje vodorovné dopravné značenie (podľa Vyhlášky MV SR č. 30/2020 Z. z.)
	Indikátor I1.2: Presné zobrazenie zvislého dopravného značenia	Mapa presne zobrazuje zvislé dopravné značenie (podľa Vyhlášky MV SR č. 30/2020 Z. z.)
Zložený indikátor I2: Zobrazenie cesty pre použitie v autonómnej jazde	Indikátor I2.1: Presné zobrazenie cesty a stredovej čiary	Mapa presne zobrazuje cestu a stredovú čiaru
	Indikátor I2.2: Presné zobrazenie krajnice vozovky	Mapa presne zobrazuje krajinú časť pozemnej komunikácie
Zložený indikátor I3: Zobrazenie prvkov a stavebných rozhraní infraštruktúry pre plánovanie	Indikátor I3.1: Presné zobrazenie technických prvkov	Mapa presne zobrazuje trakčné stĺpy, trakčné vedenia a iné siete vedené vzduchom, inžinierske skrine apod.
	Indikátor I3.2: Presné zobrazenie mobiliáru	Mapa presne zobrazuje lavičky, koše, stĺpiky, stojany na bicykle apod.
	Indikátor I3.3: Presné zobrazenie vedľajších dopravných priestorov	Mapa presne zobrazuje chodníky, cyklotrasy, parkoviská apod.
	Indikátor I3.4: Presné zobrazenie stavebných rozhraní	ploty, priečelia budov apod.
Indikátor I4: Ochrana súkromia		Mapa zobrazuje ľudí tak, aby ich nebolo možné identifikovať. Mapa zobrazuje vozidlá tak, aby ich nebolo možné identifikovať – Evidenčné číslo vozidla nie je čitateľné

11. Záver: Vyhodnotenie výsledkov analýzy

Táto kapitola sa zameriava na vyhodnotenie výsledkov získaných z analýzy prístupov k tvorbe HD máp opísaných v kapitole 10 Metodický Prístup a kriticky hodnotí kvalitu dát, technologické prístupy používané pri vytváraní 3D máp a súvisiace náklady. Okrem toho táto kapitola ponúka odporúčania zamerané na zvýšenie kvality procesov vo verejnom sektore a zlepšenie kvality údajov, ktoré vlastní. Skúmaním týchto kľúčových aspektov sa snažíme poskytnúť cenné poznatky a usmernenia pre budúce snahy v tejto oblasti. Táto kapitola tiež uzatvára fázu experimentu a sumarizuje kľúčové zistenia, poznatky a odporúčania. Kapitola sa konkrétne venuje:

1. Hodnotenie kvality údajov na vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ – Naša analýza začína hodnotením kvality údajov použitých pri vývoji nástroja NEZ. Skúmame úplnosť, aktuálnosť a úroveň otvorenosti zdrojových údajov, aby sme posúdili ich vhodnosť na dosiahnutie definovaných cieľov. Prostredníctvom komplexného preskúmania identifikujeme potenciálne výzvy, silné a slabé stránky použitých údajov a zvýrazníme oblasti na zlepšenie, čím umožníme efektívnejší a prepracovanejší proces mapovania.

2. Hodnotenie prístupov pre vytváranie 3D mračna bodov – Táto časť sa venuje dvom technologickým prístupom použitých pri vývoji 3D máp. Skúmaním ich výstupov (exportovaných 3D máp) hodnotíme ich účinnosť a vhodnosť pre použitie v doprave. Podrobná analýza súvisiacich výhod, obmedzení a praktických hľadísk uľahčuje komplexné pochopenie technologického prostredia a pomáha budúcim pokrokom a inováciám pri vytváraní presných 3D máp.

3. Analýza nákladovosti vytvárania HD máp – V tejto časti sa zameriavame na nákladovú efektívnosť spojenú s vytváraním HD máp. Prostredníctvom analýzy rôznych nákladových faktorov, vrátane infraštruktúry, získavania údajov, investícií do technológií a potrebných personálnych kapacít, poskytujeme komplexné vyhodnotenie príslušných ekonomických aspektov. Naše zistenia vrhajú svetlo na cenovú dostupnosť, nákladovú efektívnosť a možné oblasti finančnej optimalizácie, čo umožňuje subjektom s rozhodovacou právomocou efektívne pridelovať zdroje pre budúce projekty 3D a HD mapovania.

11.1. Hodnotenie kvality údajov na vytvorenie nástroja pre tvorbu NEZ

Tabuľka 31: Analýza kvality údajov nástroja pre tvorbu NEZ

VRSTVA	SÚBOR ÚDAJOV	ÚPLNOSŤ ÚDAJOV	FREKVENCIA AKTUALIZÁCIE / DÁTUM POSLEDNEJ AKTUALIZÁCIE (K 11.09.2023):	ÚROVEŇ OTVORENOSTI ¹
Dynamická mapa	Mapa dopravného zaťaženia	Úplné	Takmer v reálnom čase	0* (spoplatnená licencia)
Sémantická vrstva	Údaje o kvalite vzduchu	Úplné	2021	4*
Geometrická mapa	Mapa cestnej siete	Úplné	26.04.2023	4*
	Lokalizácia chránených oblastí	Úplné	13.12.2021	4*
	Databáza chránených území	Úplné	16. 4. 2018	4*
Základná mapová vrstva	Digitálna mapa SR	Úplné	2022	4*

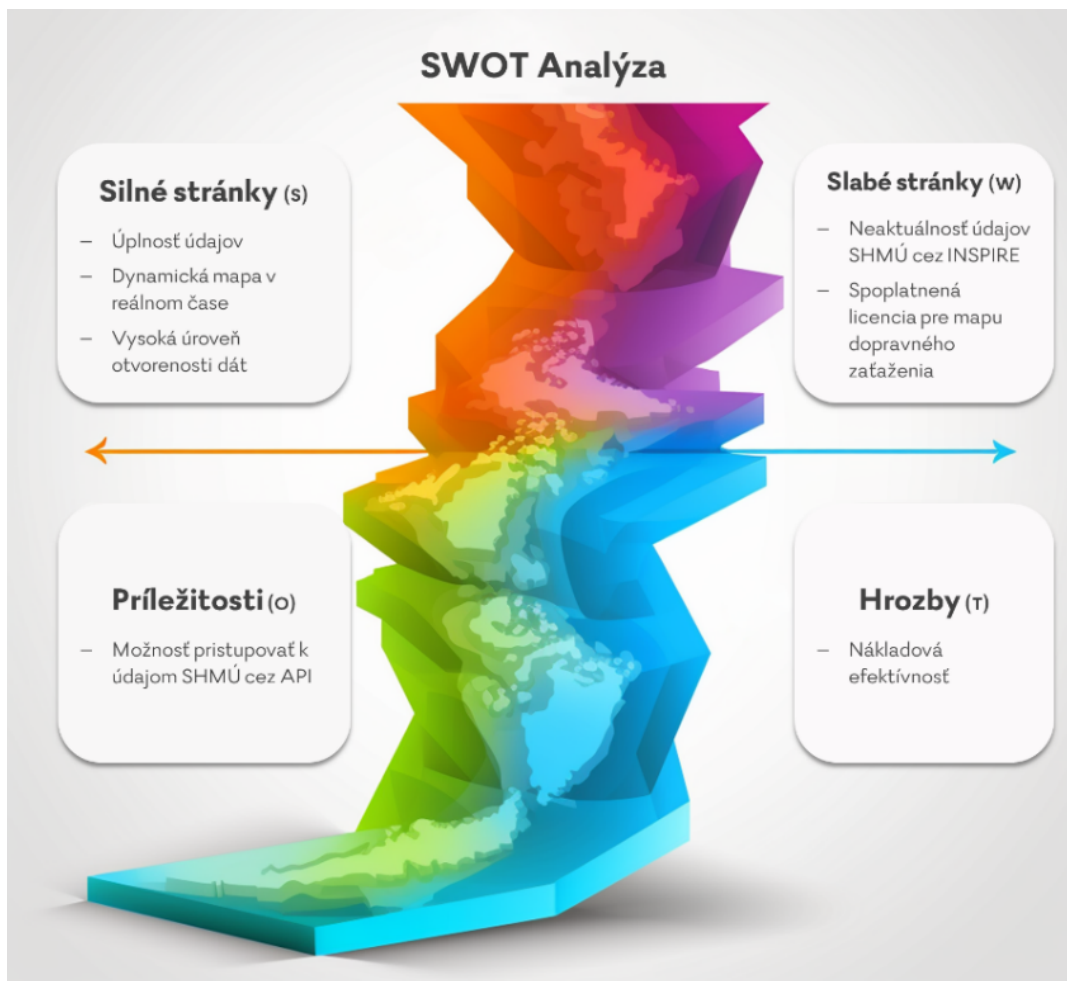
Vyhodnotenie kvality údajov bolo spravené prostredníctvom SWOT analýzy (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**). SWOT analýza odhaľuje niekoľko kľúčových bodov. Medzi silné stránky patrí úplnosť údajov, čo znamená, že dostupné údaje obsahujú všetky potrebné informácie. Okrem toho sa údaje vrstvy dynamickej mapy aktualizujú takmer v reálnom čase, čo umožňuje presnú a aktuálnu analýzu. Ďalšou silnou stránkou je vysoká úroveň otvorenosti údajov, ktorá podporuje transparentnosť a overiteľnosť údajov.

Treba však tiež upozorniť na slabé stránky kvality vstupných údajov. Po prvé, dostupné sémantické údaje o kvalite ovzdušia môžu byť zastarané, čo by mohlo ohroziť presnosť nástroja. Je dôležité zabezpečiť, aby sa údaje o kvalite ovzdušia aktualizovali čo najčastejšie, aby odrážali aktuálny stav emisií a znečistenia. Ďalšou zistenou slabinou je platená licencia na prístup k údajom o dopravnom zaťažení. To má zásadný vplyv na nákladovú efektívnosť a môže obmedziť dostupnosť nástroja pre niektorých používateľov (najmä verejnosť).

Pokiaľ ide o príležitosti, jednou z príležitostí je možnosť prístupu k údajom o kvalite ovzdušia prostredníctvom rozhrania API. To otvára možnosti integrácie nástroja so SHMÚ systémom, čím sa zvyšuje jeho aktuálnosť a použiteľnosť. Integrácia API by mohla umožniť aktualizácie údajov v reálnom čase a lepšiu presnosť analýzy nízkoemisných zón.

Nakoniec analýza identifikuje hrozby pre kvalitu vstupných údajov pre nástroj NEZ. Najvýznamnejšou hrozbou je nákladová efektívnosť nástroja v dôsledku licenčných nákladov na dátový a softvér. Licenčné náklady môžu obmedziť dostupnosť a škálovateľnosť nástroja, čo bráni jeho prijatiu a používaniu. Je nevyhnutné posúdiť dlhodobú finančnú životaschopnosť nástroja a preskúmať alternatívne možnosti na zmiernenie vplyvu nákladov, ako je napríklad skúmanie alternatív s otvoreným zdrojom alebo hľadanie partnerstiev s organizáciami tretích strán. Celkovo je pre vývoj a úspešnú implementáciu nástroja pre nízkoemisné zóny nevyhnutné komplexné pochopenie SWOT analýzy kvality vstupných údajov.

Obrázok 23: SWOT analýza kvality vstupných údajov



11.2. Hodnotenie prístupov pre vytváranie 3D mračna bodov

Vytváranie 3D modelov založených na mračne bodov sa v praxi obmedzuje na technológiu LiDAR a fotogrametriu snímok z HD kamery²⁵. Údaje zosnímané pomocou týchto senzorov sa potom transformujú do digitálnej reprezentácie, čím sa generujú vysoko presné trojrozmerné modely fyzického prostredia. Tieto mapy nachádzajú kľúčové aplikácie v rôznych oblastiach, vrátane mestského plánovania, plánovania dopravy, monitorovania životného prostredia a simulácií digitálnych dvojčiek.

Primárnym cieľom tohto hodnotenia je posúdiť presnosť a použiteľnosť exportovaných máp, čo nám umožní robiť informované rozhodnutia o najvhodnejšom prístupe pre vytváranie máp založených na 3D

²⁵ XU, N. et al. 2023. Point Cloud Registration for LiDAR and Photogrammetric Data: a Critical Synthesis and Performance Analysis on Classic and Deep Learning Algorithms. In: *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*

mračne bodov. Prostredníctvom kľúčových ukazovateľov výkonnosti (KPI) definovaných v kapitole 10.2.4 Špecifikácia ukazovateľov pre overenie použiteľnosti pre potreby plánovania a projekcie sa snažíme poskytnúť komplexnú analýzu, ktorá objasní silné stránky a obmedzenia každého prístupu. Tieto KPI slúžia ako objektívne metriky, ktoré nám umožňujú merať presnosť máp a porovnávať tieto dva prístupy. Definované ukazovatele zahŕňajú rôzne aspekty, ako je hustota mračna bodov, priestorová presnosť, realistické zobrazenie fyzických štruktúr a kompatibilita s existujúcimi platformami GIS.

Dôkladnou analýzou a vyhodnotením exportovaných máp na základe týchto KPI získame cenné informácie o silných stránkach a obmedzeniach každého technologického prístupu. Presnosť máp zaisťuje spoľahlivé a presné priestorové údaje, čo umožňuje tvorcom rozhodnutí robiť informované rozhodnutia založené na pevnom základe informácií.

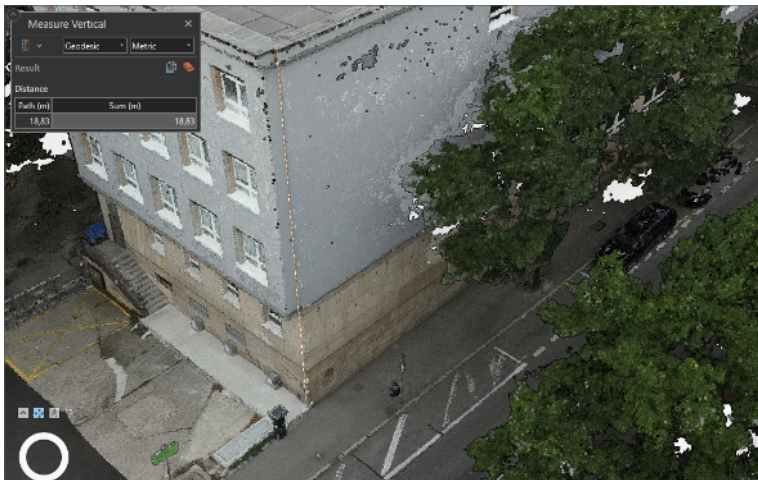
Tabuľka 32: Prehľad exportovaných 3D máp

ŠPECIFIKÁCIA	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Exportovaný formát	.las	.las
Veľkosť súboru	651 MB	1,06 GB (1 086 MB)
Hustota mračna bodov	Viac ako 10 miliónov	Viac ako 10 miliónov
Priestorová presnosť	3–5 cm	5–10 cm
Časová náročnosť: – letecké práce – spracovanie mračna bodov	– 40 minút – 1–5 hodín	– 40 minút – 12–48 hodín

Tabuľka 33: Vizuálne porovnanie exportovaných 3D modelov. Obrázky sú tiež predmetom prílohy 3.

SCÉNA	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Scéna 1		

SCÉNA	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Scéna 2		
Scéna 3		

SCÉNA	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Scéna 4		

Tabuľka 34: Hodnotenie výstupov podľa KPI. (Škála = Nadštandardná, Optimálna, Kritická, Nedostatočná presnosť)

INDIKÁTOR	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Indikátor I1.1: Presné zobrazenie vodorovného dopravného značenia	Nedostatočná presnosť	Nadštandardná presnosť
Indikátor I1.2: Presné zobrazenie zvislého dopravného značenia	Nadštandardná presnosť	Optimálna presnosť
Indikátor I2.1: Presné zobrazenie cesty a stredovej čiary	Kritická presnosť	Nadštandardná presnosť
Indikátor I2.2: Presné zobrazenie krajnice vozovky	Optimálna presnosť	Optimálna presnosť
Indikátor I3.1: Presné zobrazenie technických prvkov	Nadštandardná presnosť	Optimálna presnosť
Indikátor I3.2: Presné zobrazenie mobiliáru	Optimálna presnosť	Nadštandardná presnosť
Indikátor I3.3: Presné zobrazenie vedľajších dopravných priestorov	Optimálna presnosť	Nadštandardná presnosť

INDIKÁTOR	DJI ZENMUSE L1 (LIDAR)	DJI ZENMUSE P1 (HD KAMERA)
Indikátor I3.4: Presné zobrazenie stavebných rozhraní	Optimálna presnosť	Optimálna presnosť
Indikátor I4.1: Ochrana súkromia osôb	Optimálna presnosť	Optimálna presnosť

Záver

Vizuálne hodnotenie naznačuje, že zobrazenie vodorovného dopravného značenia a cesty a stredovej čiary je u 3D mračna bodov vytvoreného pomocou LiDARu obmedzené kvôli šumu. Na druhej strane, zobrazenie zvislého dopravného značenia je presnejšie v porovnaní s metódou fotogrametrie, pretože u nej chýbajú časti niektorých stĺpov a značiek. LiDAR mapa tiež dokáže presnejšie zobraziť krajinu vozovky a lokalizovať technické prvky, s presnosťou približne 3–5 cm. Avšak zobrazenie mobiliáru, vedľajších dopravných priestorov a stavebných rozhraní je zhoršené opäť kvôli šumu. Súčasná metóda fotogrametrie má výhodu v ľahšej identifikácii jednotlivých typov mobiliáru a je celkovo podľa tejto analýzy vhodnejšia pre potreby vytvárania HD máp pre použitie v mobilite.

Dronové LiDAR a HD kamerové mapovanie javí veľký potenciál v rámci použiteľnosti pre plánovanie. Z hľadiska vybraných indikátorov I1 a I2 javí väčší potenciál HD kamerové mapovanie, ktoré lepšie zobrazuje jednotlivé plochy a ich rozhrania, ako i jednotlivé formy značenia, Z hľadiska indikátora I3 javí väčší potenciál LiDAR mapovanie, aj keď použiteľné sa javí byť aj HD kamerové mapovanie, predovšetkým z pohľadu štandardnej analytiky prvkov verejného priestoru. Oba druhy mapovania zároveň javia potenciál pre ďalší výskum a vývoj automatizovaných nástrojov rozpoznávania jednotlivých prvkov a ich automatizovanej kategorizácie.

Z hľadiska použiteľnosti pre projektovanie zmien vykazujú oba nástroje potenciál. Oba zobrazujú relatívne podrobne a presne jednotlivé súčasti a prvky skúmaného priestoru, pričom pri HD kamerovom mapovaní sa reálna presnosť výstupu pohybuje na úrovni 5–10 cm. Presnosť zameraní bola overená aj v geodetickom nástroji MicroStation. Takáto presnosť zamerania celého priestoru je postačujúca pre navrhovanie a implementáciu fyzických zmien. Ako problematické sa však aktuálne javí priame exportovanie modelu vo formátoch použiteľných vo vektorových programoch (napr. AutoCAD), resp. v 3D modelovacích programoch (napr. SketchUP). Bez jednoduchšej a priamej možnosti konverzie



súborov a následnej možnosti ich použitia vo vektorových a 3D modelovacích programoch nie je v súčasnosti možné výstupy použiť pre potreby projektovania zmien.

Z hľadiska dostupnosti a použiteľnosti technológie pre potreby plánovania a projektovania sa javí ako optimálne riešenie použitie HD kamerového snímania, ktoré dosahuje porovnateľné a v niektorých prípadoch lepšie výsledky ako LiDAR. Výhodou kamerového snímania je zároveň možnosť vytvoriť podrobnú fotoortomapu, ktorá taktiež patrí medzi základné podklady v plánovaní. Samotná kvalita, presnosť a rýchlosť spracovania oboch výstupov však vykazuje potenciál pre ďalší výskum a vývoj v danej oblasti.

11.3. Analýza nákladovosti vytvárania HD máp

S rastúcim dopytom po sofistikovaných službách založených na polohe a nástupom autonómnych vozidiel sa potreba presných a komplexných HD máp stáva čím ďalej výraznejšou. Tvorba takýchto máp je však zložitá a na zdroje náročný proces, ktorý si vyžaduje starostlivé plánovanie a strategické rozhodovanie.

Aby sme získali komplexné pochopenie celkových nákladov spojených s vytváraním HD máp, skúmame tri rôzne cesty, prostredníctvom ktorých MD SR môže tieto mapy získať. Najprv skúmame možnosť verejného obstarávania, kde sa hotová 3D mapa obstaráva od tretích strán. Ďalšou možnosťou je cesta spustenia VVal projektu so špecifickým cieľom vytvoriť 3D mapu. Nakoniec analyzujeme vytvorenie špecializovaného organizačného útvaru v rámci MD SR zodpovedného za GIS a 3D mapovanie.

Analýza nákladov zahŕňa viaceré aspekty, vrátane potrebných licencií, personálnych kapacít a technológií. Každý prvok hrá zásadnú úlohu pri určovaní celkových nákladov spojených s tvorbou HD máp. Ku konečnej analýze nákladov prispievajú aj výdavky súvisiace s licenčnými zmluvami na využívanie a spracovanie proprietárnych údajov a najmodernejšie technológie potrebné na získavanie údajov.

Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť vyhodnotenie finančných dôsledkov spojených s každou možnosťou vytvárania 3D máp. Analýzou nákladov potrebných na realizáciu môžu zainteresované strany prijímať informované rozhodnutia prispôbené ich špecifickým požiadavkám a rozpočtovým obmedzeniam. V konečnom dôsledku je cieľom zabezpečiť, aby organizácie prijali najefektívnejší a nákladovo najefektívnejší prístup k získaniu požadovaných HD máp.

Tabuľka 35: Analýza nákladovosti vytvárania 3D máp

NÁKLADOVÁ STRÁNKA	OBSTARANIE MAPY CEZ VO	PROJEKT HD MAPOVANIA	ÚTVAR GIS NA MD SR
Licencie	Nie sú	– DJI Terra: 1 720 EUR s DPH (j.c./rok)²⁶ – ArcGIS Desktop Pro: 360 EUR s DPH (j.c./rok)²⁷	
Technológie na mapovanie	Nie sú	DJI Matrice 300 + DJI Zenmuse P1: 18 500 EUR s DPH ²⁸	
Personálne kapacity	Nie sú	GIS špecialista: 628 EUR bez DPH / čd. ²⁹	GIS špecialista: 1 600 EUR/mes. ³⁰
Letecké práce a spracovanie údajov	– Letecké práce: 18 mil. EUR s DPH – Spracovanie údajov: 13 mil. EUR s DPH³¹	Nie sú (ráta sa v rámci čd.)	

²⁶ Zdroj: DJI Terra. [Odkaz](#).

²⁷ Zdroj: CRZ, 2021. [Odkaz](#).

²⁸ Zdroj: DroneRepublic. [Odkaz](#).

²⁹ Človekoden; Zdroj: MIRRI, 2022. Publikácia priemerných sadzieb za človekoden jednotlivých rolí spojených s vývojom aplikácií. [Odkaz](#).

³⁰ Zdroj: MIB, 2021. [Odkaz](#).

³¹ Prepočítané podľa kapitoly 10.2.2 na celkovú plochu vozoviek podľa SSC, 2022. Zdroj: [Odkaz](#). Priemerné hodnoty 0,13€/m2 (letecké p.) a 0,09€/m2 (spracovanie údajov).

Analýza nákladov spojených s obstarávaním HD máp založených na technológii 3D mračna bodov odhaľuje niekoľko kľúčových zistení. Verejné obstarávanie 3D máp so sebou nenesie žiadne vlastné náklady na licencie, technologické nástroje a personálne kapacity. Je to významná výhoda, pretože umožňuje verejným subjektom využívať existujúce zdroje bez vynaloženia dodatočných nákladov. Verejné obstarávanie preto môže byť v určitých prípadoch životaschopnou metódou, najmä pri projektoch malého rozsahu. Možnosť obstarávania najnižšej ponuky na trhu poskytuje verejným obstarávateľom nákladovo efektívne riešenie, ktoré im umožňuje optimalizovať finančné zdroje. Táto výhoda sa stáva obzvlášť relevantnou, pretože znižuje potrebu rozsiahleho plánovania projektov alebo vytvorenia špecializovaného útvaru. Spoliehaním sa na externých dodávateľov sa obstarávateľ môže sústrediť na iné naliehavé záležitosti a delegovať úlohu na profesionálov, ktorí majú potrebné odborné znalosti a kapacity. Je však dôležité si uvedomiť, že verejné obstarávanie nemusí byť vhodné pre všetky scenáre. Pre komplexnejšie alebo rozsiahlejšie projekty môžu byť na zabezpečenie optimálnych výsledkov potrebné alternatívne metódy alebo kombinácia prístupov.

Príkladom je obstaranie 3D máp prostredníctvom projektu. Pozitívom pri tejto metóde je, že investícia do licencovania, technologických nástrojov a personálnych kapacít umožňuje plnú kontrolu nad kvalitou máp počas celého životného cyklu projektu. Možnosť opätovného použitia licencií a nástrojov navyše poskytuje dlhodobú úsporu nákladov. Okrem toho možnosť spolupráce s univerzitami a medzinárodnými odborníkmi zvyšuje potenciál projektu na úspech. Ďalším spôsobom, akým projekty môžu výrazne znížiť celkové náklady je žiadosť o výskumný grant a iné finančné schémy, vrátane financovania EÚ. To predstavuje cennú príležitosť na prístup k dodatočným zdrojom a podpore pri implementácii projektu. Je však dôležité zdôrazniť, že tento prístup predstavuje aj výzvy. Získanie dostatočného počtu talentovaných členov projektu a odborníkov sa môže ukázať ako náročná úloha, ktorá môže viesť k neúspechu projektu.

12. Použitá literatúra

Airuse. 2016. Low Emissions Zones In Northern And Central Europe. LIFE11 /ENV/ES/584.

HAUSENBLAS, M. 2012. 5 star Open Data.

REICHMUTH, D. 2021. Zero Emissions Zones: A tool to target benefits of vehicle electrification to communities that need it most. The Greenlining Institute.

WILLIAMSON, T., MARNER, B., BEATTIE, C. 2022. Quantifying the impact of LEZs and ZEZs: Evidence Review.

ⁱ Podľa Hausenblas, 2012.