



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

VIZUALIZACE DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ MĚSTA MOST

VISUALIZATION OF TRAFFIC SIGNS IN THE CITY MOST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

LUKÁŠ PTÁČNÍK

Ing. JURAJ LAZÚR

BRNO 2025

Zadání bakalářské práce



161240

Ústav: Ústav informačních systémů (UIFS)
Student: **Ptáčník Lukáš**
Program: Informační technologie
Název: **Vizualizace dopravního značení města Most**
Kategorie: Informační systémy
Akademický rok: 2024/25

Zadání:

1. Prostudujte problematiku digitálního zobrazení svislého a vodorovného dopravního značení. Prostudujte zákon o silničním provozu, zejména pravidla pro umístování SDZ a VDZ v rámci dopravních komunikací.
2. Prostudujte problematiku zpracování a vizualizace dat s důrazem na geografická data. Prozkoumejte současné platformy a geografické systémy určené pro tento účel (např. Esri ArcGIS).
3. Analyzujte dostupné datové soubory města Most popisující SDZ a VDZ. Zaměřte se na stávající atributy datových sad a vztah těchto atributů k pravidlům pro umístování dopravních značek. Analyzujte požadavky města Most na digitální zobrazení SDZ a VDZ.
4. Na základě analýzy z bodu 1. a požadavků z bodu 3. navrhnete datový model pro komplexní digitální reprezentaci SDZ a VDZ. Navrhnete anotační nástroj využívající vámi navržený datový model.
5. Implementujte navržený anotační nástroj. Integrujte výstupy anotačního nástroje se systémem ArcGIS města Most.
6. Výsledné řešení otestujte ve spolupráci s městem Most.

Literatura:

- Cepero, T., Montané-Jiménez, L. G., Benítez-Guerrero, E., & Mezura-Godoy, C. (2022). Visualization in Smart City Technologies. Smart Cities, 86–100
- C. Bachechi and L. Po, "Traffic Analysis in a Smart City," IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence - Companion Volume, Oct. 2019
- Y. Saadna and A. Behloul, "An overview of traffic sign detection and classification methods," International Journal of Multimedia Information Retrieval, vol. 6, no. 3, pp. 193–210, Jun. 2017
- D. Çay, T. Nagel, and A. E. Yantaç, "What is happening in the city? A case study for user-centred geovisualisation design," Journal of Location Based Services, vol. 13, no. 4, pp. 270–292, Jul. 2019

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:
Body 1. až 4.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Lazúr Juraj, Ing.**
Vedoucí ústavu: Kolář Dušan, doc. Dr. Ing.
Datum zadání: 1.11.2024
Termín pro odevzdání: 14.5.2025
Datum schválení: 22.10.2024

Abstrakt

Dopravní značení je klíčovým prvkem pro zajištění bezpečnosti a plynulosti silničního provozu. Pro zachování jeho funkčnosti je třeba jej pravidelně evidovat, kontrolovat a přizpůsobovat aktuálním podmínkám. V posledních letech města a instituce stále více využívají geografické informační systémy, které celý tento proces činí snadnějším a efektivnějším. Tato bakalářská práce se zaměřuje na využití těchto systémů pro vizualizaci vodorovného dopravního značení města Most. Pomocí systému ArcGIS Pro byla vytvořena vizualizace značek, která je zpřístupněna prostřednictvím webové aplikace na platformě ArcGIS Experience Builder. Výsledkem je aplikace, která uživatelům nabízí nejen přehledné zobrazení vodorovného dopravního značení, ale i nástroj pro interaktivní úpravu natočení vybraných značek pomocí vlastního vyvinutého widgetu.

Abstract

Traffic signs are a key element in ensuring road safety and traffic flow. In order to maintain its functionality, it must be regularly recorded, checked and adapted to current conditions. In recent years, cities and institutions have increasingly used geographic information systems to make this process easier and more efficient. This bachelor thesis focuses on the use of these systems for the visualization of horizontal traffic signs in the city of Most. Using ArcGIS Pro, a visualization of the signs was created and made available through a web application on the ArcGIS Experience Builder platform. The result is an application that offers users not only a clear display of horizontal road markings, but also a tool for interactively adjusting the rotation of selected markers using a custom developed widget.

Klíčová slova

vizualizace, dopravní značení, Most, ArcGIS, webová aplikace, widget, Experience Builder

Keywords

visualization, traffic signs, Most, ArcGIS, web application, widget, Experience Builder

Citace

PTÁČNÍK, Lukáš. *Vizualizace dopravního značení města Most*. Brno, 2025. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Juraj Lazúr

Vizualizace dopravního značení města Most

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Juraje Lazúra. Další informace mi poskytl pan Ing. Kamil Novák z oddělení GIS města Most. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Lukáš Ptáčník
12. května 2025

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jurajovi Lazúrovi za vynikající přístup, cenné rady a čas, který mi věnoval při vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Kamilovi Novákovi za poskytnutí odborných konzultací, a v neposlední řadě také městu Most za možnost pracovat na zajímavém zadání. Během psaní práce byl pro kontrolu gramatiky a stylistické úpravy textu využit jazykový model ChatGPT od společnosti OpenAI.

Obsah

1	Úvod	2
2	Digitální reprezentace dopravního značení	3
2.1	Dopravní značení	3
2.2	Svislé dopravní značky	4
2.3	Vodorovné dopravní značky	6
2.4	Digitalizace dopravního značení	7
2.5	Existující řešení	10
2.6	Závěr	16
3	Geografické informační systémy	17
3.1	Geografická data	17
3.2	Získávání geografických dat	22
3.3	Kategorizace geografických objektů	23
3.4	Vizualizace geografických dat	24
3.5	Současné platformy	27
3.6	Závěr	30
4	Analýza problému	31
4.1	Problémy	31
4.2	Požadavky na řešení	32
5	Návrh řešení	34
5.1	Datový model	34
5.2	Uživatelské rozhraní	36
6	Implementace	39
6.1	Grafická reprezentace značení	39
6.2	Vizualizace dopravního značení	40
6.3	Widget pro otáčení prvků	45
7	Testování	49
7.1	Vizualizace	49
7.2	Widget	50
8	Závěr	52
	Literatura	53

Kapitola 1

Úvod

Dopravní značení je běžnou součástí našeho každodenního života, bez ohledu na to, zda jsme řidiči nebo jinými účastníky silničního provozu. Představuje důležitý prvek zajišťující plynulost a bezpečnost v dnešním hustém dopravním provozu. Aby mohlo plnit svou funkci správně, musí být nejen vhodně navrženo a umístěno, ale také průběžně evidováno, kontrolováno a aktualizováno.

Města a příslušné instituce proto musí mít zajištěnou kvalitní evidenci dopravního značení, aby mohly včas a vhodně reagovat na konkrétní situaci. V důsledku dopravních nehod nebo prostého opotřebení je nutné značky opravovat či nahrazovat. Speciálně vodorovné značení, které se nachází přímo na vozovce, je výrazně náchylnější k poškození.

V posledních letech do tohoto procesu začínají stále více vstupovat digitální technologie. Města a instituce začínají využívat geografické informační systémy (GIS), které umožňují shromažďování, vizualizaci a správu prostorových dat, v tomto případě informací o poloze konkrétních dopravních značek.

Cílem této práce bylo vytvořit vizualizaci dopravního značení města Most pomocí softwaru ArcGIS Pro a tuto vizualizaci následně zpřístupnit prostřednictvím aplikace vytvořené na platformě ArcGIS Experience Builder. Výsledná aplikace by měla uživatelům umožnit nejen přehledné zobrazení dopravního značení, ale také možnost interaktivně měnit natočení jednotlivých značek prostřednictvím vlastního widgetu.

Kapitola 2 se věnuje svislému a vodorovnému dopravnímu značení, jeho rozdělení do skupin pole typu značek a způsobu jejich provedení. Dále jsou popsány jednotlivé fáze digitalizace dopravního značení, od vytvoření datového modelu, přes sběr dat, kontrolu a validaci až po převod na geografická data. V závěru kapitoly jsou zmíněna již existující řešení datových sad a vizualizací dopravního značení. Kapitola 3 se zaměřuje na geografická data, jejich dělení a používané formáty. Rovněž rozebírá způsoby jejich získávání, kategorizace a vizualizace. V závěru kapitoly jsou představeny současné platformy geografických informačních systémů.

Kapitola 4 analyzuje problémy existujících řešení a definuje požadavky na výslednou aplikaci. Návrh datového modelu a uživatelského rozhraní aplikace je popsán v kapitole 5. Kapitola 6 se v první části podrobně věnuje vizualizaci různých typů vodorovného dopravního značení v softwaru ArcGIS Pro, včetně přípravy grafické reprezentace. Druhá část se zaměřuje na implementaci konfigurační a funkční části widgetu pro otáčení prvků v prostředí ArcGIS Experience Builder. Na tuto kapitolu navazuje kapitola 7, která popisuje testování samotné vizualizace i rotačního widgetu. Práci uzavírá kapitola 8, která shrnuje dosažené výsledky.

Kapitola 2

Digitální reprezentace dopravního značení

V současné době čelí nejen Česká republika, ale většina civilizovaného světa problémům s velmi hustou silniční dopravou. Podle pravidelného celostátního sčítání dopravy, které se koná v pětiletých intervalech pod záštitou Ředitelství silnic a dálnic ČR, došlo jen v posledním sčítání v roce 2020 k desetiprocentnímu nárůstu hustoty dopravy v České republice oproti poslednímu sčítání z roku 2016. Tento růst nastal navzdory tomu, že průběh sčítání výrazně ovlivnila vlna pandemie koronaviru [27].

Nárůst hustoty dopravy klade stále vyšší nároky na dopravní systémy, jejichž hlavním úkolem je zajistit bezpečný, plynulý a efektivní provoz. Dopravní systémy tvoří komplexní celek zahrnující nejen samotnou dopravní infrastrukturu, ale také dopravní zařízení a řídicí prvky. Klíčovou roli v tomto systému sehrává dopravní značení.

2.1 Dopravní značení

Sheřává naprosto klíčovou úlohu v zajišťování plynulosti, informovanosti a bezpečnosti všech účastníků silničního provozu. K systematickému zavádění dopravního značení v Česku dochází ve třicátých letech 19. století [3]. V dnešní době je dopravní značení v České republice stanoveno vyhláškou č. 294/2015 Sb. na základě zákona o silničním provozu.

O umístění, odstranění či úpravě dopravního značení rozhodují příslušné správní orgány na základě písemného vyjádření určené instituce, a to v závislosti na kategorii a typu komunikace, jak je uvedeno v tabulce 2.1. Výjimku tvoří nepřístupné účelové komunikace, zpravidla soukromé cesty, kde nejsou stanovena žádná pravidla a vše je tak plně v rukou vlastníka dané komunikace [17].

Typ komunikace	Správní orgán	Vyjádření
dálnice	Ministerstvo dopravy	Ministerstvo vnitra
silnice I. třídy	krajský úřad	Policie České republiky
silnice II. a III. třídy, místní a veřejně přístupné účelové komunikace	obecní úřad obce s rozšířenou působností	

Tabulka 2.1: Správní orgány a nutná vyjádření pro jednotlivé komunikace. Převzato z [17].

Podoba dopravního značení v České republice vychází z evropských úmluv, kterých je Česká republika signatářem. Konkrétně se jedná o Vídeňskou úmluvu o dopravních značkách a signálech, jenž si klade za cíl sjednocení dopravních značení a signálů v mezinárodním provozu, tak aby řidiči bez váhání pochopili význam jednotlivých dopravních značení. Úmluva umožňuje jistou míru volnosti, což vede k mírným odchylkám ve vzhledu dopravního značení mezi signatářskými státy. V současné době je úmluva ratifikována drtivou většinou evropských států [20].

Dopravní značení se obecně rozděluje na čtyři kategorie – svislé dopravní značky, vodorovné dopravní značky, světelné signály a dopravní zařízení, mezi které patří například vodící tabule, směrové desky a další zařízení tohoto typu. Jednotlivá dopravní značení jsou číslována kódem v podobě písmene a čísla na základě skupiny daného značení [24].

2.2 Svislé dopravní značky

Jedná se o dopravní značky, které jsou umísťovány na pravém okraji komunikace, případně nad vozovkou. Za účelem zdůraznění se však značky mohou objevit také na levém okraji komunikace. Vyhláška č. 294/2015 Sb. konkrétně říká: „Svislé dopravní značky se umísťují tak, aby byly pro účastníky provozu na pozemních komunikacích, pro které jsou určeny, včas a z dostatečné vzdálenosti viditelné.“ [24]

Svislé dopravní značky je možné rozdělit na celkem šest skupin podle jejich významu a toho, co pro účastníky provozu znamenají:

- **Výstražné značky** – Označují nebezpečí a místa, kde je nutné dbát zvýšené opatrnosti. Obecně jde, až na pár výjimek, o značky trojúhelníkového tvaru s červeným okrajem a bílým pozadím. Umísťovány jsou zpravidla před označovaným místem ve vzdálenosti 100 až 250 m, v obci 50 až 100 m. Existují-li vážné důvody k nedodržení některého ze stanovených rozmezí, značka je doplněna dodatkovou tabulkou udávající skutečnou vzdálenost od označovaného místa [24].
- **Značky upravující přednost** – Slouží k řízení provozu, udávání předností na křižovatkách a v jiných dopravních situacích. Umísťují se před křižovatkou či úsekem, ke kterému se vztahují, a platí zpravidla pouze pro nejbližší křižovatku [24].
- **Zákazové značky** – Ukládají a ruší zákazy účastníkům provozu. Značky ukládající zákazy jsou kruhového tvaru s červeným okrajem, bílým pozadím a černými symboly. Značky, které zákaz naopak ruší, jsou bez červených okrajů a mají šedé symboly a příčné černé pruhy. Výjimkou jsou značky zákaz zastavení a zákaz stání, které mají modré pozadí a jejich platnost se ruší pomocí dodatkových tabulek. Umístění značek odpovídá místu, kde zákaz nebo omezení začíná, respektive končí. Značky však mohou být opakovány i v průběhu jejich platnosti, aby se zdůraznil jejich účinek [24].
- **Příkazové značky** – Udělují povinnosti účastníkům silničního provozu. Značky prikazující povinnosti jsou kruhového tvaru s bílými symboly na modrém pozadí. Naopak, značky rušící jejich platnost mají červený pruh napříč symboly. Umístění příkazových značek odpovídá místu, kde příkaz začíná, respektive končí [24].
- **Informativní značky** – Informují účastníky silničního provozu za účelem lepší informovanosti a orientace [24].

- **Zónové** – Označují začátek nebo konec oblasti, ve které platí příslušná pravidla provozu. Příkladem může být dálnice, obec nebo pěší zóna [24].
 - **Provozní** – Poskytují informace o úseku komunikace. Označují například přechod pro chodce nebo parkoviště, jak je znázorněno na obrázku 2.1 [24].
 - **Směrové** – Slouží k orientaci a navigaci účastníků silničního provozu na komunikacích. Barevné provedení těchto značek závisí na typu komunikace, na které se značka nachází nebo kam směřuje. Pro dálnice se používá zelený podklad, pro ostatní komunikace modrý nebo bílý, a u objízdek pak oranžový podklad [24].
 - **Jiné** – Podávají informace, které nejsou zásadní pro silniční provoz. Označují některá důležitá zařízení a služby v okolí, například nejbližší nemocnici, restauraci nebo hotel [24].
- **Dodatkové tabulky** – Doplněk k hlavní značce, jak je ukázáno na obrázku 2.1, dodatková tabulka poskytuje informace o platnosti dané značky a dalších detailech [24].
 - **Určené symboly** – Standardizované symboly používané na značkách jako náhrada textových informací za účelem rychlého sdělení, bez nutnosti znalosti jazyka [24].



Obrázek 2.1: *Informativní provozní značka*. Parkoviště s parkovacím automatem a povoleným kolmým nebo šikmým stáním. Hlavní značka je doplněna dvěma dodatkovými tabulkami, které určují zónu, časovou regulaci a oblast, ve které se parkoviště nachází. Převzato z webové stránky¹.

2.2.1 Způsoby provedení

Svislé dopravní značky mohou být instalovány ve třech různých provedeních, která lze snadno rozlišit na základě jejich vzhledu. Každé provedení odpovídá rozdílným účelům použití:

¹<https://www.parkovaniivbrne.cz/o-parkovani/dopravni-znaceni-42>

- **Stálé** – Značky upevněné na sloupcích, budovách či jiných konstrukcích pevně spojených se zemí [24]. Svislé stálé dopravní značky jsou nadřazeny vodorovným dopravním značkám [25].
- **Přenosné** – Značky používané převážně jako dočasné. Samotná značka je umístěna na pruhovaném červenobílém sloupku nebo stojanu [24]. Přenosné svislé dopravní značky jsou nadřazené všem dopravním značkám [25].
- **Proměnné** – Značky, jejichž činná plocha se může měnit. Využívány jsou v místech, kde je nutná reakce na konkrétní situaci v provozu nebo povětrnostní podmínky [25].

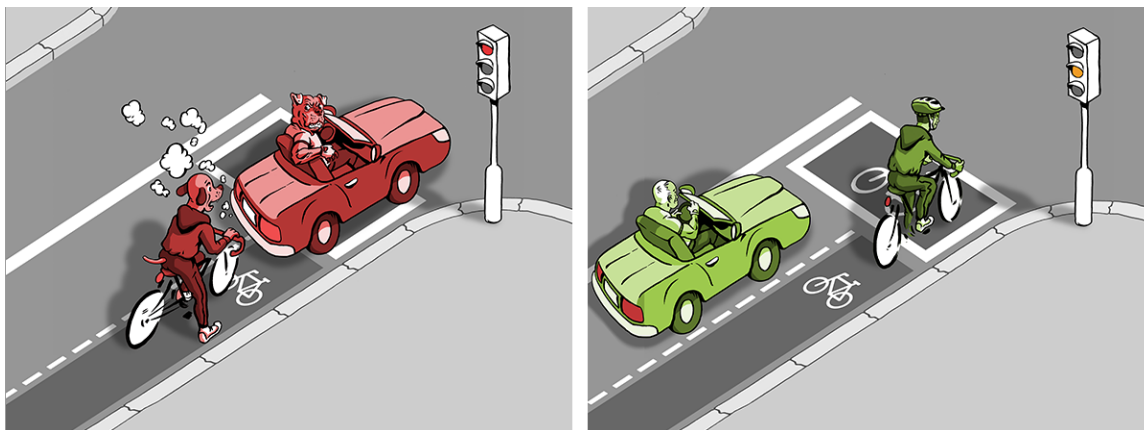
Zneplatnění svislého dopravního značení, které vyplývá z přechodné úpravy provozu, lze vyjádřit přeškrtnutím oranžově-černými pruhy nebo překrytím červeným křížem. Tento způsob však nelze využít u značek upravujících přednost. Další variantou je tedy zakrytí či případná demontáž činné plochy značky [24].

2.3 Vodorovné dopravní značky

Vyznačují se barvou nebo jiným srozumitelným způsobem, a to přímo na vozovce komunikace, případně na jiné zpevněné části pozemní komunikace. Mohou se vyskytovat samostatně nebo ve spojení se svislým dopravním značením či dopravním zařízením za účelem jejich zdůraznění a upřesnění [25, 24].

Vodorovné dopravní značky je možné rozdělit do sedmi skupin:

- **Podélné čáry** – Čáry bílé barvy, které vyznačují a oddělují jízdní pruhy, a rovněž za pomoci vodicích čar vyznačují okraje vozovky [24].
- **Příčné čáry** – Bílé čáry signalizující místa, kde je nutné zastavit, přechody pro chodce a přejezdy pro cyklisty [24].
- **Šipky** – Šipky bílé barvy vyznačující způsob řazení do jízdních pruhů před křižovatkou, místa odbočení, stanovený směr jízdy, blížící se ukončení jízdního pruhu či přechod podélné přerušované čáry v souvislou [24].
- **Označení stání a parkovišť** – Bílé vyznačení dovoleného stání, zastavení a způsobu stání na okraji pozemní komunikace. Rovněž označení parkovacích pruhů a vyhrazených parkovišť. Modrou barvou je vyznačeno místo s omezeným stáním [24].
- **Označení zastávek** – Bílá plocha na okraji pozemní komunikace vyznačující zastávku autobusu, trolejbusu nebo tramvaje [24].
- **Označení zákazů zastavení a stání** – Žluté vyznačení plochy nebo úseku na okraji pozemní komunikace, kde je zakázáno stání a zastavení [24].
- **Ostatní vodorovné dopravní značky** – Bíle vyznačená skupina devíti značek, například pruh nebo prostor pro cyklisty, viz obrázek 2.2 [24].



Obrázek 2.2: *Správné využití pruhu a prostoru pro cyklisty.* Převzato z webové stránky².

2.3.1 Způsoby provedení

Vodorovné dopravní značky mohou být vyznačeny dvěma způsoby, které lze snadno rozlišit na základě způsobu jejich realizace. Každý z těchto způsobů má specifické využití odpovídající konkrétním účelům v dopravním provozu:

- **Stálé** – Značky určené k dlouhodobému užití na silnicích, které trvale vyznačují různé dopravní situace zmíněné výše [24].
- **Přechodné** – Slouží k dočasné úpravě provozu. Jsou vyznačeny žlutou nebo oranžovou barvou, případně obrysem dané vodorovné dopravní značky [24]. Přechodné vodorovné dopravní značky jsou nadřazeny stálým vodorovným dopravním značkám [25].

Dočasné zneplatnění vodorovných dopravních značek se vyznačuje jejich přeškrtnutím žlutými nebo oranžovými čarami [24].

2.4 Digitalizace dopravního značení

Hustá dopravní síť vede k velkému množství dopravních značek, které jsou stále častěji převáděny do digitální podoby, například pomocí geografických informačních systémů, což usnadňuje jejich správu a údržbu. Díky tomu lze sledovat jejich umístění, určit, zda jde o dočasné značení, případně potřebu opravy. Digitální reprezentace může najít uplatnění také v mapách, navigačních systémech a s nástupem umělé inteligence a autonomního řízení i v těchto oblastech.

Před zavedením geografických informačních systémů byla správa a evidence dopravního značení decentralizovaná a časově náročná, protože vyžadovala manuální sběr a aktualizaci dat. K těmto účelům se využívaly papírové mapy, fyzické záznamy a ruční monitorování. Zavedení geografických informačních systémů však přineslo centralizaci správy a evidence dat, což vedlo k výraznému zrychlení a zefektivnění všech procesů.

Proces digitalizace dopravního značení začíná definováním atributů, které mají být o jednotlivých značkách evidovány. Zvolené atributy je nutné naplnit odpovídajícími daty, získanými některou z metod sběru dat, jež jsou uvedeny v kapitole 2.4.2. Získaná data následně

²<https://www.cistoustopou.cz/kolo/clanek/ochranna-opatreni-pro-cyklisty-vite-jaka-se-k-nim-vazou-pravidla-893>

procházejí procesem kontroly a validace, aby byla zajištěna jejich správnost a úplnost. Po validaci je nutné data převést do formátu geografických dat, aby je bylo možné analyzovat či vizualizovat pomocí geografických informačních systémů.

2.4.1 Datový model

Datový model slouží k uložení a správě informací o dopravním značení v digitální podobě. Na počátku jeho tvorby je vymezení datových prvků, které mají být součástí daného modelu. McGee a Paniati ve své technické zprávě [16] rozděluje datové prvky podle jejich důležitosti do tří kategorií:

- **Základní** – Datové prvky, uvedené v tabulce 2.2, které jsou nezbytné pro efektivní správu dopravního značení. Poskytují základní informace o umístění, stavu a údržbě značení a měly být součástí všech datových modelů tohoto typu [16].
- **Kritické** – Skupina prvků, které je vhodné zvážit. Zahrnutí podrobností, jako je datum instalace nebo informace o dopravních značeních či nosičích, rozšiřuje možnosti plánování a cílení výměny značení [16].
- **Žádoucí** – Doplnující datové prvky, které slouží k ukládání dodatkových informací, například komentářů k danému značení, fotografií nebo údajů o správci značení [16].

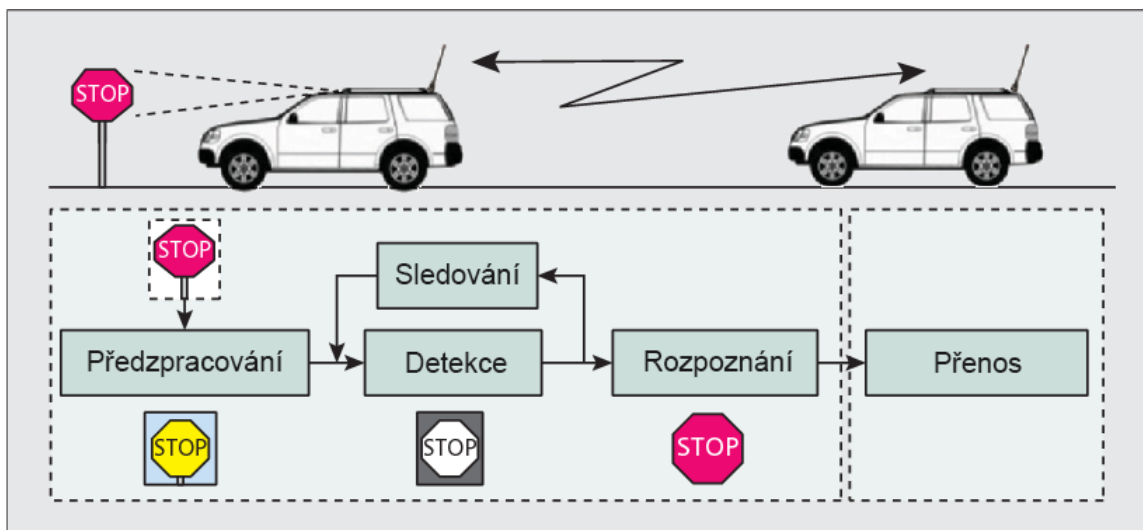
Datový prvek	Popis
Umístění	Proměnné v závislosti na referenčním systému.
Pozice	Umístění značky vzhledem k silnici.
Kód značky	Kód daný podle zákona, případně místní úpravy.
Stav značky	Posouzení vizuální kvality značky.
Typ údržby	Údržbová činnost spojená s konkrétní značkou.
Datum inspekce/údržby	Datum, kdy proběhla kontrola nebo údržba.

Tabulka 2.2: *Datový model dopravních značek*. Základní datové prvky datového modelu dopravních značek v digitální podobě. Převzato a přeloženo z [16].

2.4.2 Sběr dat

Součástí datového modelu jsou data, která je nutné na jeho základě získat. Sběr dat o dopravním značení je díky jejich množství a umístění časově náročný proces. Existuje několik možností sběru těchto dat:

- **Ruční sběr** – Práce v terénu, při níž pracovníci zaznamenávají data přímo na místě pomocí GPS zařízení nebo fotografií. Mezi takto zaznamenaná data patří například typ značky, její stav či datum údržby.
- **Automatizovaný sběr** – V poslední době se jedná o stále častěji využívaný způsob sběru dat. Jedním z příkladů je metoda sběru dat za jízdy, znázorněná na obrázku 2.3, při níž jsou pomocí kamer a senzorů data získávána během pohybu vozidla. Dochází přitom k automatické lokalizaci, detekci a klasifikaci dopravního značení.



Obrázek 2.3: Diagram procesu automatického rozpoznávání dopravních značek. Převzato a přeloženo z [15].

2.4.3 Kontrola a validace dat

Po sběru dat následuje proces jejich kontroly a validace, protože data získaná jak manuálním, tak automatickým sběrem mohou obsahovat chyby, které je nutné opravit, aby byla zajištěna jejich správnost. Tyto chyby se mohou vyskytovat jak v prostorových datech popisujících polohu dané značky, tak v atributových datech, která popisují konkrétní vlastnosti dopravního značení.

Chyby v prostorových datech, která popisují polohu dané značky, se mohou projevat ve formě nesprávných souřadnic nebo chybného umístění na mapě. Tyto nepřesnosti často vznikají vlivem nesprávné geolokace při manuálním sběru dat nebo nedostatečnou kalibrací senzorů při automatizovaném sběru.

Atributová data, popisující konkrétní vlastnosti dopravních značek, mohou obsahovat chyby, jako jsou chybějící údaje nebo nesprávné zařazení typu značky. Tyto chyby obvykle vznikají při automatickém sběru dat v důsledku problémů s detekcí nebo rozpoznáváním značení, což je často způsobeno vnějšími vlivy znázorněnými na obrázku 2.4 [12].



Obrázek 2.4: Problémy s detekcí a rozpoznáváním. Překážky nebo přírodní podmínky mohou zkomplikovat detekci a rozpoznávání dopravního značení. Převzato a upraveno z [12].

2.4.4 Převod na geografická data

Po validaci získaných dat přichází na řadu jejich převod do geografického formátu, který umožní jejich integraci do geografických informačních systémů. Před samotným převodem je nutné zvolit vhodný formát geografických dat, do něhož budou data převedena. Tento formát by měl být vybrán s ohledem na účely konkrétního projektu viz kapitola 3.1.3.

Proces převodu lze realizovat pomocí geografických informačních systémů, konkrétní platformy jsou popsány v kapitole 3.5. Tyto systémy umožňují export dat, například v podobě tabulek, do požadovaných formátů. Alternativně lze využít existující knihovny nebo webové aplikace, které rovněž podporují export dat do geografických formátů.

Po převodu dat je nutné znovu ověřit jejich správnost. To zahrnuje mimo jiné kontrolu správného umístění dat, například pomocí vizualizace, ověření, zda atributy odpovídají realitě, a v případě více vrstev dat také jejich vzájemnou kompatibilitu.

2.5 Existující řešení

V současné době přibývá měst, která provozují tzv. geoportály – rozhraní pro přístup k prostorovým datům. Tímto způsobem zpřístupňují veřejnosti různé datové sady, které často přímo vizualizují v interaktivních mapách. Mezi taková data patří informace o územním plánu, životním prostředí nebo právě dopravě, mnohdy včetně dopravního značení.

Poskytování dat o dopravním značení a jejich vizualizace závisí na přístupu jednotlivých měst. Některá města nabízejí datové sady společně s vizualizací dopravního značení, včetně podrobných informací o jednotlivých značkách. Jiná poskytují pouze vizualizace bez podrobného popisu, případně zveřejňují samotné datové sady. Některá města si naopak tato data vůbec nevedou nebo je využívají výhradně pro interní potřeby.

2.5.1 Datové sady

Datové sady poskytují strukturované informace o jednotlivých dopravních značkách. Přístup jednotlivých měst k datovým sadám se liší. Rozdíly se projevují nejen v míře sdílení, tedy zda jsou sady zpřístupněny veřejnosti, nebo vedeny pouze interně, ale také v rozsahu a charakteru atributů evidovaných o jednotlivých značkách. V neposlední řadě se liší i formáty, ve kterých jsou data poskytována. Otevřená data přinášejí řadu výhod, například zvyšují efektivitu tím, že umožňují jejich analýzu a sdílení. Zároveň přispívají k větší transparentnosti a posilují možnosti kontroly veřejné správy.

Děčín

Město Děčín poskytuje otevřená data o dopravních značkách na svém území. Datová sada obsahuje tři soubory ve formátu Shapefile, které slouží pro reprezentaci geometrických objektů typu bod, linie a polygon. Celkově zahrnuje více než šest tisíc svislých a vodorovných dopravních značek.

Body jsou využívány pro vizualizaci svislých dopravních značek a některých symbolů na vozovce. Pomocí linií a polygonů jsou vizualizovány vodorovné dopravní značky. Všechny tři soubory disponují stejnou sadou atributů a ty nejpodstatnější z nich jsou znázorněny v tabulce 2.3. Hodnoty jednotlivých atributů se však liší podle typu objektu a nejsou tak pro některé z nich relevantní.

Atribut	Typ	Popis
ID	Integer	Jedinečný identifikátor značky
NAZEVKOM	String	Název komunikace
POPISZN	String	Popis dané značky, případně její stav
DODATTAB	Integer	Dodatková tabulka u značky (1 = obsahuje, 0 = neobsahuje)
DRUHZN	String	Druh značky
UMISTENI	String	Umístění značky (dům, jiný nosič, na chodníku, v chodníku, na vozovce, v krajnici, v zeleni)
PROVPROCEL	Real	Celkové náklady spojené s danou značkou
DATUM	String	Datum provedení nebo poslední úpravy značky
POPIS	String	Informace o provedené akci
PROVEDL	String	Osoba nebo organizace, která provedla danou činnost

Tabulka 2.3: *Datová sada dopravních značek města Děčín*. Popis nejpodstatnějších atributů.

Brno

Město Brno poskytuje otevřená data mobiliáře městských částí v oblasti dopravy, včetně svislého dopravního značení. Datová sada je dostupná v několika formátech a souřadnicových systémech, například ve formátech Shapefile, GeoJSON nebo KML, a obsahuje více než tisíc objektů, včetně svislých dopravních značek.

Pro reprezentaci svislého dopravního značení je použit jediný geometrický objekt, a to bod. Všechny podstatné a relevantní atributy týkající se svislých dopravních značek jsou znázorněny v tabulce 2.4.

Atribut	Typ	Popis
ObjectId	Integer	Jedinečný identifikátor značky
adresa_mom	String	Městská část Brna
adresa_uli	String	Název ulice
adresa_cis	Short	Číslo domovní
datum_pori	Date	Datum pořízení
majitel_ti	String	Majitel
technicky__	String	Technický stav
last_dat	Date	Datum poslední změny
sprava_tid	String	Správce značky

Tabulka 2.4: *Datová sada dopravních značek města Brno*. Popis podstatných a relevantních atributů. Převzato z dokumentace³.

³https://mmbonline.sharepoint.com/:x:/s/public/OMI/gis/Ed2Jbbk07tdClkvypLMwQmQBWMVuvNN0cVJSu242A3I80A?rt=TDv1_NMa3Ug

Národní registr dopravních informací

Registr je informační služba určená tuzemským i zahraničním zájemcům o odběr dopravních informací. Usnadňuje vyhledávání vhodných zdrojů a zřízení jejich odběru [26].

Registr je implementací Národního přístupového místa v souladu s požadavky Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/40/EU. Tato směrnice a její doplňující nařízení zavazují členské země EU k vytvoření a provozu informační služby o všech relevantních dopravních informacích na svém území [26].

Poskytovatelem dopravních informací je Ministerstvo dopravy České republiky a Národní dopravní informační centrum, u kterých lze sjednat odběr těchto informací. Každý zdroj je popsán informacemi, jako je například poskytovatel daného zdroje, typ dat, pokrytí, způsob přístupu, použité formáty nebo četnost aktualizace [26].

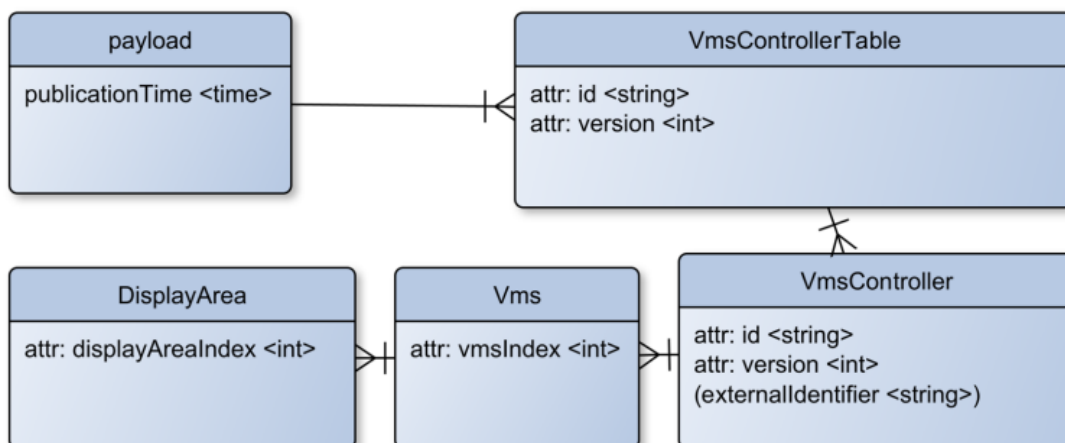
Jednou z dostupných datových sad je sada proměnného dopravního značení. Volně přístupná je však pouze její specifikace, která stanovuje datový formát pro popis těchto značek. Specifikace je rozdělena na dvě části: statickou a dynamickou.

Statická část

Statická část popisuje základní charakteristiku dopravní značky či zobrazované plochy (portálu), její polohu a platnost vůči jízdnímu pruhu. Struktura této části, která je popsána ve specifikaci [5], je následující:

- **VmsControllerTable** – Více značek seřazených podle typu nebo správce.
- **VmsController** – Jeden logický celek (značka, vozík, portál).
- **Vms** – Konkrétní indexovaná část portálu, včetně polohy.
- **DisplayArea** – Indexovaná část Vms v podobě piktogramu nebo textu.

Každý prvek **Vms** obsahuje informace o ovlivněných jízdních pruzích a umístění podél komunikace. Struktura identifikátorů je znázorněna na obrázku 2.5. Portál nebo dopravní značka jsou evidovány v **VmsControllerTable** a dále specifikovány v **VmsController**. Jednotlivé části portálu a značky jsou reprezentovány entitou **Vms** s identifikátorem **vmsIndex**. Oblasti zobrazení (**DisplayArea**) mají pozici určenou atributem **displayAreaIndex** [5].



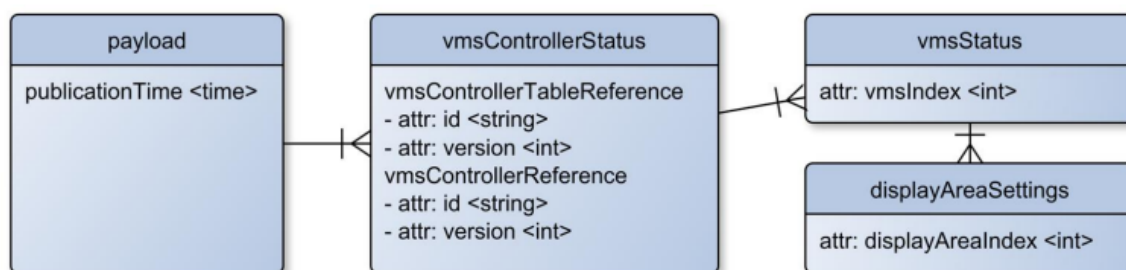
Obrázek 2.5: Struktura identifikátorů statické části datové sady proměnných dopravních značení. Převzato ze specifikace [5].

Dynamická část

V dynamické části jsou popsány zobrazované informace na jednotlivých značkách, které mohou být umístěny na portálu nebo na mobilních vozících. Podle specifikace k této části [4] má dynamická část následující strukturu:

- `vmsControllerStatus` – Dynamický stav celého řadiče.
- `vmsStatus` – Stav konkrétního Vms v rámci řadiče.
- `vmsMessage` – Kontejner pro všechny informace zobrazované na Vms.
- `displayAreaSettings` – Stav zobrazované oblasti v podobě piktogramu či textu.

Provázanost identifikátorů dynamické části datové sady je znázorněna na obrázku 2.6. Stav řadiče je popsán pomocí struktury `vmsControllerStatus`, která je provázána s identifikátory `VmsControllerTable` a `vmsController` ze statické části. Stav Vms je reprezentován strukturou `vmsStatus`, zatímco stav zobrazovací oblasti (`DisplayArea`) je určen strukturou `displayAreaSettings` [4].



Obrázek 2.6: *Struktura identifikátorů dynamické části datové sady proměnných dopravních značení.* Převzato ze specifikace [4].

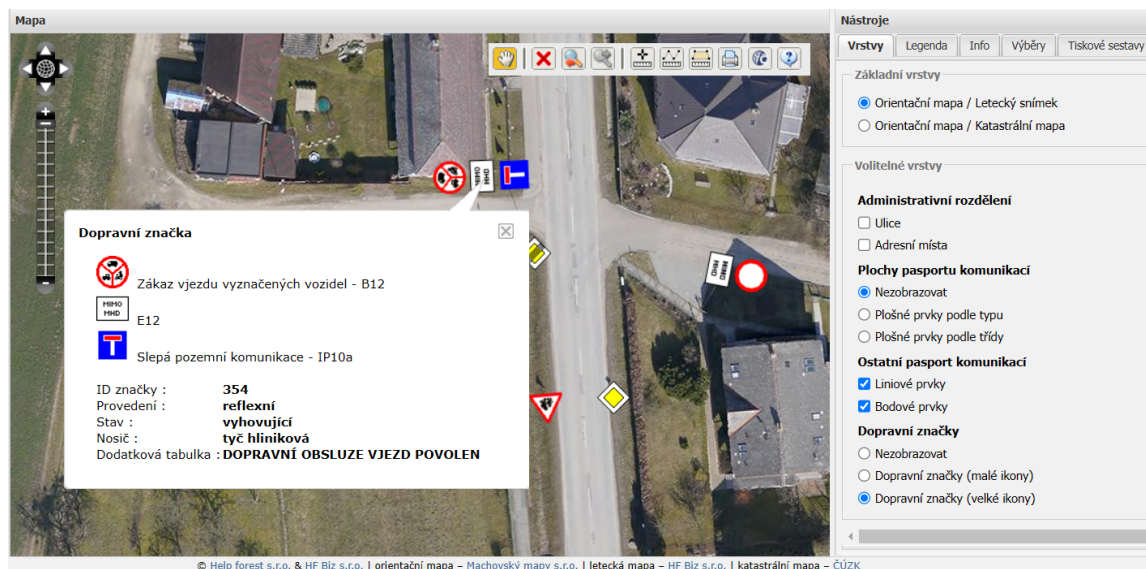
2.5.2 Vizualizační nástroje

Vizualizace spočívá v grafické reprezentaci datových sad prostřednictvím geografických informačních systémů. Kromě pouhého zobrazení jednotlivých značek však vizualizace slouží převážně k účelům jejich správy a evidence. Každé město k této výzvě přistupuje odlišně v závislosti na své velikosti, technických možnostech a dostupných zdrojích. Přístupy se liší například rozsahem poskytovaných informací o jednotlivých značkách, typy zobrazovaných značek či způsobem jejich grafického znázornění.

Mohelnice

Město provozuje mapový portál zaměřený na pasport komunikací. Mapa nabízí zobrazení ve dvou základních vrstvách – leteckém snímku a katastrální mapě. Nad těmito vrstvami lze zapnout volitelné překryvné vrstvy, včetně svislého dopravního značení.

Svislé dopravní značky jsou znázorněny jako bodové prvky s ikonou příslušné značky. Tyto ikony jsou interaktivní a umožňují zobrazit podrobné informace o konkrétní značce. Kromě typu značky obsahují údaje jako identifikační číslo, provedení, stav, nosič značky a případné dodatkové tabulky, viz obrázek 2.7.



Obrázek 2.7: Mapový portál města Mohelnice. Levá část zobrazuje interaktivní mapu s vybranými vrstvami a informacemi o dopravní značce, zatímco pravá část umožňuje výběr vrstev pro zobrazení. Převzato z mapového portálu⁴.

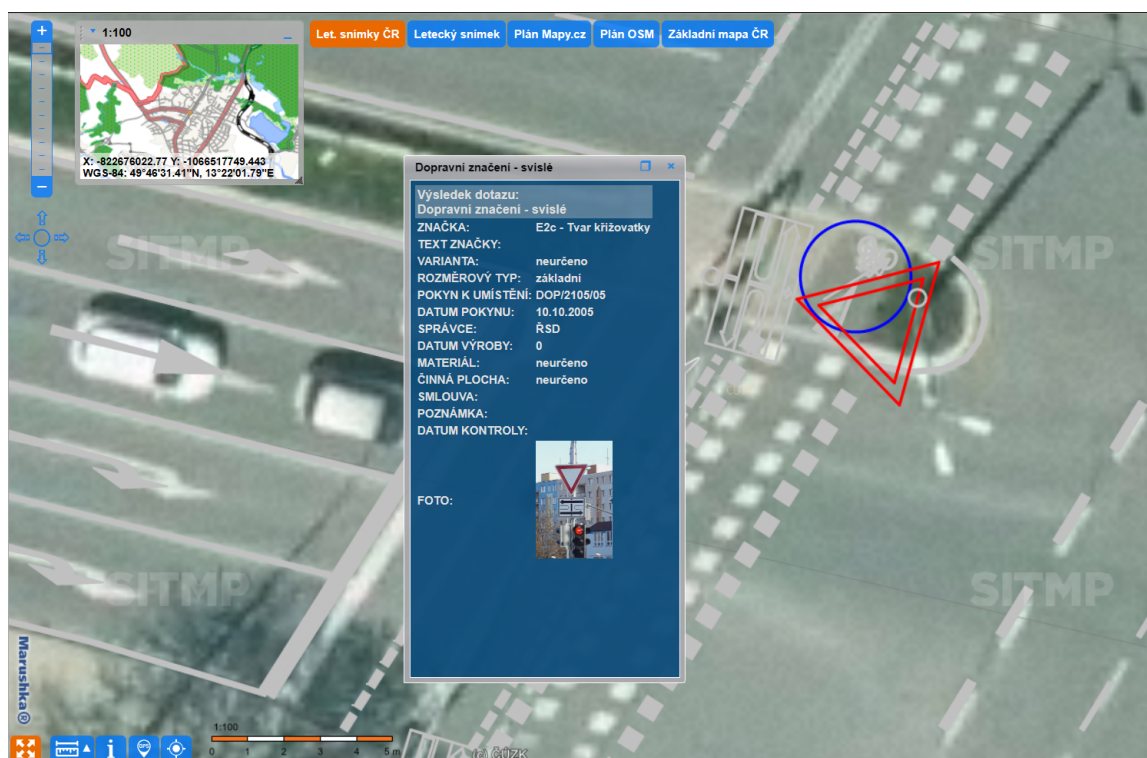
Plzeň

Plzeň provozuje mapový portál Doprava, který zahrnuje svislé i vodorovné dopravní značení. Mapa nabízí až pět základních vrstev, které se liší frekvencí aktualizace. Například letecký snímek je aktualizován ve dvouletých intervalech.

Svislé dopravní značení je znázorněno v podobě bodových prvků s ikonou příslušné značky. Každá značka je interaktivní a umožňuje zobrazit podrobné informace, například datum kontroly, správce, materiál a další údaje. Oproti mapovému portálu města Mohelnice poskytuje Plzeň obsáhlejší informace o jednotlivých značkách a liší se také přístupem k dodatkovým tabulkám. Zatímco Mohelnice je zobrazuje jako součást konkrétní dopravní značky, Plzeň je eviduje jako samostatné prvky s vlastními informacemi, viz obrázek 2.8.

Vodorovné dopravní značení je na mapě zobrazeno ve tvarové a barevné podobě odpovídající skutečnosti, avšak bez možnosti interaktivního zobrazení dalších informací.

⁴<http://www.nasemapy.cz/mohelnice/pk/view/>



Obrázek 2.8: Mapový portál Doprava města Plzeň. Zobrazení vodorovných dopravních značek ve formě směrových šipek, svislých dopravních značek a informací o dodatkové tabulce. Převzato z mapového portálu⁵.

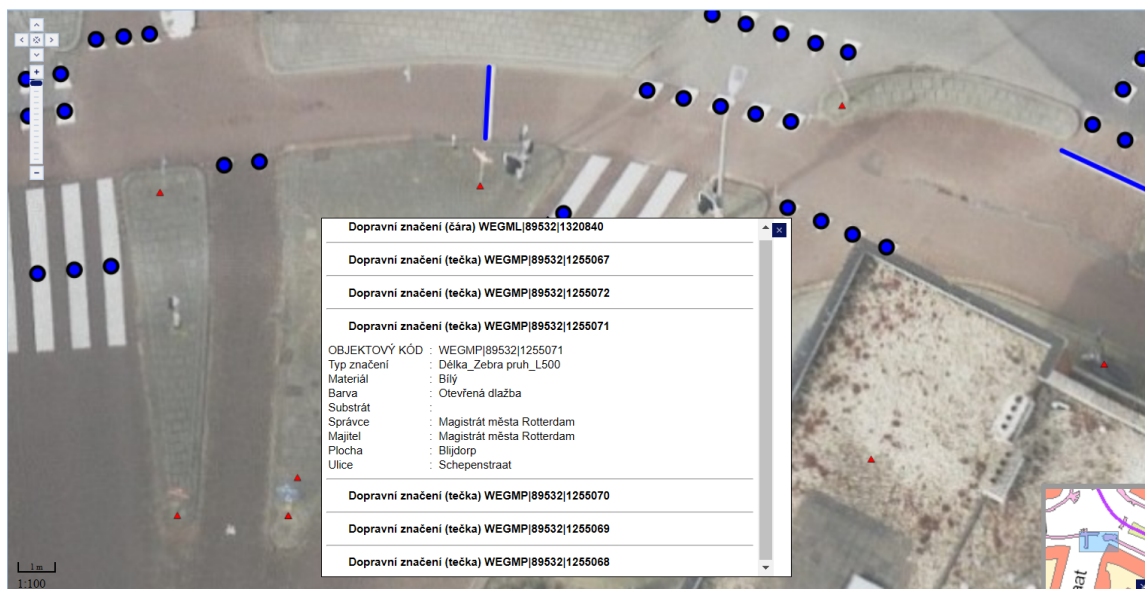
Rotterdam

Město provozuje rozsáhlý GIS portál, který zobrazuje svislé i vodorovné dopravní značení nad několika základními mapovými vrstvami.

Svislé dopravní značení je vizualizováno pomocí interaktivních bodových prvků – červených trojúhelníků, které umožňují zobrazit informace o více než deseti atributech příslušné značky.

Vodorovné dopravní značení je znázorněno prostřednictvím interaktivních modrých bodových prvků, čar nebo ploch, doplněných o jejich podrobný popis. Čáry reprezentují například podélné nebo vodící čáry, plochy vizualizují parkovací zóny a body znázorňují směrové šipky či jiné značky. Celkově je tento přístup k vizualizaci velmi přesný a podrobný – například přechod pro chodce je zobrazen jako skupina bodů, zobrazených na obrázku 2.9, z nichž každý představuje jeden pruh přechodu.

⁵<https://gis.plzen.eu/doprava/>



Obrázek 2.9: *Geoportál města Rotterdam*. Na mapě leteckého snímku je vyobrazeno vodorovné dopravní značení ve formě modrých bodů s detailními informacemi o jednom z nich (pás přechodu pro chodce). Červené trojúhelníky reprezentují svislé dopravní značení. Převzato a přeloženo z geoportálu⁶.

2.6 Závěr

Dopravní značení se dělí na svislé a vodorovné značky, přičemž každá kategorie zahrnuje specifické skupiny značek a různé typy provedení. Digitalizace dopravního značení se provádí za účelem usnadnění správy a údržby těchto značek. Proces digitalizace dopravního značení se skládá z několika kroků, prvním z nich je definice požadovaných atributů datového modelu, po které následuje sběr dat, jejich kontrola a validace, a nakonec převod do formátu geografických dat.

Některá města volně zpřístupňují vlastní datové sady nebo provozují geoportály, které často slouží nejen pro vizualizaci dopravního značení. Tyto datové sady se liší počtem i typem poskytovaných informací, stejně tak je tomu i u samotných vizualizací. Přístupy jednotlivých měst se odlišují zejména způsobem vizualizace a rozsahem sdílených informací s uživateli.

⁶<https://www.gis.rotterdam.nl/gisweb2/default.aspx>

Kapitola 3

Geografické informační systémy

Geografické informační systémy (GIS) jsou systémy umožňující širokou škálu možností při práci s geografickými daty. Burrough a McDonnell ve své knize [7] definují GIS jako „*silnou sadu nástrojů pro sběr, ukládání, volitelné načítání, transformaci a zobrazování prostorových dat ze skutečného světa.*“

V současnosti je GIS využíván v mnoha oblastech, například v ekologii, dopravě nebo jako nástroj pro krizové řízení při řešení katastrof.

Tato kapitola se zaměřuje na geografická data, která představují základní stavební kámen GIS. Popisuje jejich dělení, formáty a způsoby, jakými jsou tato data získávána. Dále se věnuje kategorizaci geografických objektů, což úzce souvisí s tématem vizualizace geografických dat. Kapitola rovněž zahrnuje přehled různých přístupů k vizualizaci, od jednoduchých bodových map ve 2D až po pokročilé trojrozměrné modely. Závěr přináší přehled nejrozšířenějších současných GIS platforem, jejich funkcí a možností využití.

3.1 Geografická data

Geografická data popisují a charakterizují objekty na zemském povrchu a jsou klíčová pro práci s GIS. Obvykle se tato data dělí do dvou hlavních kategorií: prostorová data (kde se objekt nachází) a atributová data (co je to za objekt).

3.1.1 Prostorová data

Udávají polohu objektu na zemském povrchu prostřednictvím geografického nebo kartézského souřadnicového systému. V geografickém souřadnicovém systému je poloha definována zeměpisnou délkou a šířkou, zatímco v kartézském souřadnicovém systému pomocí souřadnic x a y . Prostorová data se podle způsobu své reprezentace dělí na dvě hlavní kategorie: vektorová a rastrová data. Rozdíl mezi nimi je znázorněn na obrázku 3.1 [10].

Vektorová data

Využívají geometrické objekty bodů, čar a polygonů k reprezentaci prostorových prvků. Tento datový model je vhodný pro přesnou reprezentaci objektů s pevně danými hranicemi, jako jsou například budovy, silnice a další podobné objekty [10].

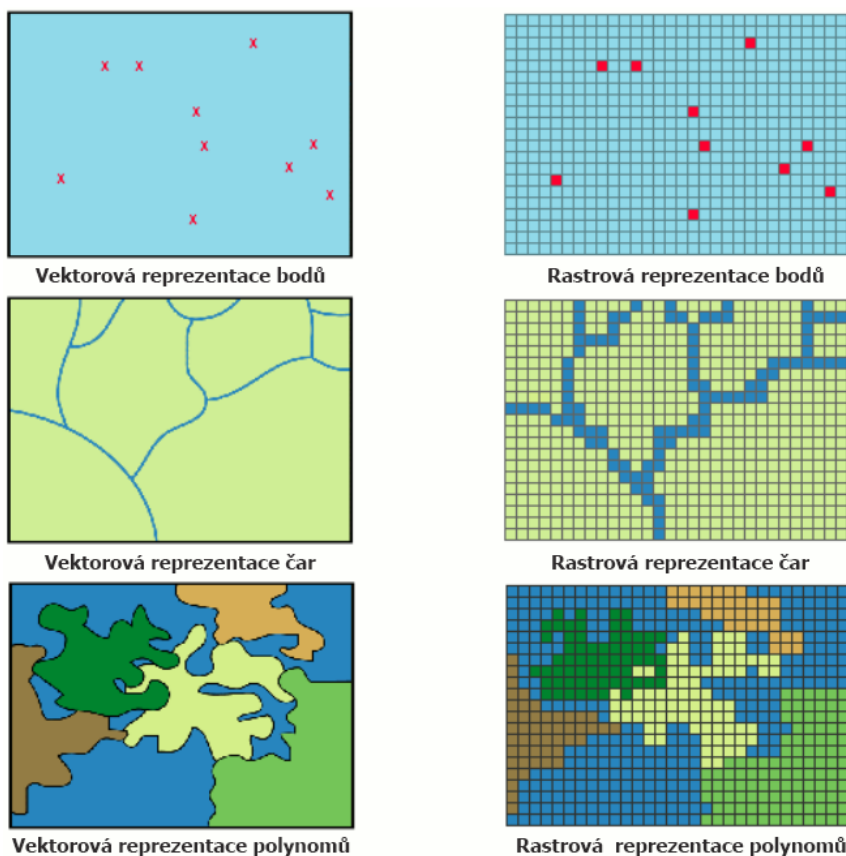
- **Bod** – Nejjednodušší prvek vektorového datového modelu. Bod má tzv. nulovou dimenzi, nezabírá tedy žádný prostor a reprezentuje čistě jednu konkrétní polohu prvku

pomocí dvojice souřadnic (x, y) v souřadnicovém systému. Příkladem bodu může být město nebo zastávka [10].

- **Čára** – Skládá se minimálně ze dvou koncových bodů, mezi kterými mohou být další body. Jejich počet a uspořádání určují tvar dané čáry. Čáry jsou jednorozměrné a kromě své polohy mají také vlastnost délky. Příkladem čar jsou řeky, silnice nebo stezky [10].
- **Polygon** – Dvojměrný geometrický objekt, který kromě své polohy zahrnuje také plochu a obvod. Polygony jsou tvořeny několika propojenými čarami, které vytvářejí uzavřenou plochu. Mohou také obsahovat vnitřní prázdné oblasti, a proto mají jak vnější, tak vnitřní hranice. Polygony mohou reprezentovat například vodní plochy, města nebo vegetační oblasti [10].

Rastrová data

Používají pravidelnou mřížku k pokrytí prostoru. Řádky v mřížce představují souřadnice y a sloupce souřadnice x . Každá z buněk v rastru má tedy přesně definovanou pozici na základě řádku a sloupce, ve kterém se nachází. Buněk obsahují hodnoty, které odpovídají určité charakteristice, například nadmořské výšce v konkrétním místě. Rastrový datový model se používá k reprezentaci prostorových jevů, které se v prostoru průběžně mění, jako jsou srážky nebo půdní eroze [10].



Obrázek 3.1: *Reprezentace bodů, čar a polygonů.* Vlevo: ve vektorovém formátu. Vpravo: v rastrovém formátu. Převzato a přeloženo z webové stránky¹.

3.1.2 Atributová data

Atributová data se vztahují ke konkrétním prostorovým prvkům a poskytují dodatečné informace a charakteristiky, které umožňují jejich lepší pochopení a uvedení do kontextu. Tato data bývají uložena v atributových tabulkách. Tabulka 3.1 ukazuje, že každý řádek odpovídá určitému prostorovému prvku, zatímco sloupce reprezentují jednotlivé atributy. Každý prostorový prvek může mít více atributů, které mohou být ve formátu textu, čísel, dat nebo jiných hodnot [10].

ID	Město	Populace	Rozloha (km ²)
101	Praha	1 309 000	496
102	Paříž	2 161 000	105,4
103	Kodaň	602 481	179,8
104	Lisabon	504 718	100

Tabulka 3.1: *Atributová tabulka*. Poskytuje dodatečné informace o konkrétních bodech, v tomto případě o městech.

3.1.3 Formáty geografických dat

Formáty geografických dat umožňují ukládání a správu dat pro práci v GIS. Existuje celá řada těchto formátů, které jsou uzpůsobeny jak pro vektorová, tak pro rastrová data. Některé jsou navrženy tak, aby zvládaly rozsáhlé geografické datové sady, zatímco jiné jsou lépe přizpůsobeny pro použití ve webových aplikacích. Je proto důležité zvolit nejvhodnější formát pro konkrétní projekt [19].

Vektorové formáty

Tyto formáty jsou určeny pro práci s vektorovými daty, která jsou reprezentována pomocí bodů, čar a polygonů. Mezi nejrozšířenější vektorové formáty patří Shapefile, GeoJSON nebo KML.

Shapefile

V současnosti je Shapefile nejrozšířenějším formátem pro vektorová a geografická data obecně. Často bývá zkomprimován do jednoho .zip souboru, jelikož se samotný skládá z několika souborů. Některé z nich jsou volitelné a poskytují pouze doplňkové informace, zatímco tři soubory jsou nezbytné pro jeho základní fungování [19]:

- **.shp** – Hlavní soubor, který popisuje jednotlivé objekty (bod, čáru nebo polygon) pomocí souřadnic [19].
- **.shx** – Indexový soubor, který uchovává indexové údaje a umožňuje rychlejší přístup k prostorovým datům v hlavním souboru [19].
- **.dbf** – Atributový soubor, který obsahuje atributová data pro každý objekt v hlavním souboru [19].

¹<https://gisinfo.hertfordshire.gov.uk/gisdata/vectorraster.htm>

GeoJSON

Formát, který je založený na *JavaScript Object Notation* (JSON), je poměrně snadno čitelný a pochopitelný, a to i pro běžného uživatele, jak je vidět ve výpisu 3.1. Jeho využití je zejména ve webových aplikacích. Definuje celkem sedm typů objektů a způsob, jakým jsou kombinovány k reprezentaci informací o geografických prvcích, jejich vlastnostech a prostorových rozsazích [8]:

- **Point** – Představuje bod v prostoru definovaný pomocí souřadnic v podobě $[x, y]$ [8].
- **MultiPoint** – Kolekce několika bodů, která má souřadnice ve formě pozic jednotlivých bodů [8].
- **LineString** – Reprezentuje čáru definovanou sérií propojených bodů [8].
- **MultiLineString** – Kolekce několika čar, která má souřadnice ve formě pozic jednotlivých čar [8].
- **Polygon** – Uzavřená plocha tvořená čarami, jejíž první a poslední souřadnice jsou stejné [8].
- **MultiPolygon** – Kolekce několika polygonů vhodná pro reprezentaci víceoddělených oblastí [8].
- **GeometryCollection** – Objekt, který umožňuje sdružovat různé výše zmíněné geometrické prvky do jednoho celku [8].

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [
          16.6083,
          49.1952
        ]
      },
      "properties": {
        "name": "Brno"
      }
    }
  ]
}
```

Výpis 3.1: *Formát GeoJSON*. Reprezentace bodu v Brně.

KML

Keyhole Markup Language (KML) je formát založený na značkovacím jazyce XML. Jak ukazuje výpis 3.2, KML je tvořen hierarchickou strukturou tzv. *tagů* (značek), které definují geografické a vizuální vlastnosti dat. Oproti formátu GeoJSON obsahuje navíc geometrické objekty, jako je `Model` pro reprezentaci 3D objektů a `GroundOverlay` pro překrytí mapy obrázkem. V současnosti se tento formát využívá především v aplikacích společnosti Google, konkrétně Google Earth a Google Maps [6].

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
  <Placemark>
    <name>Brno</name>
    <LineString>
      <coordinates>
        16.608284,49.195124,0
        16.607124,49.194575,0
      </coordinates>
    </LineString>
  </Placemark>
</kml>
```

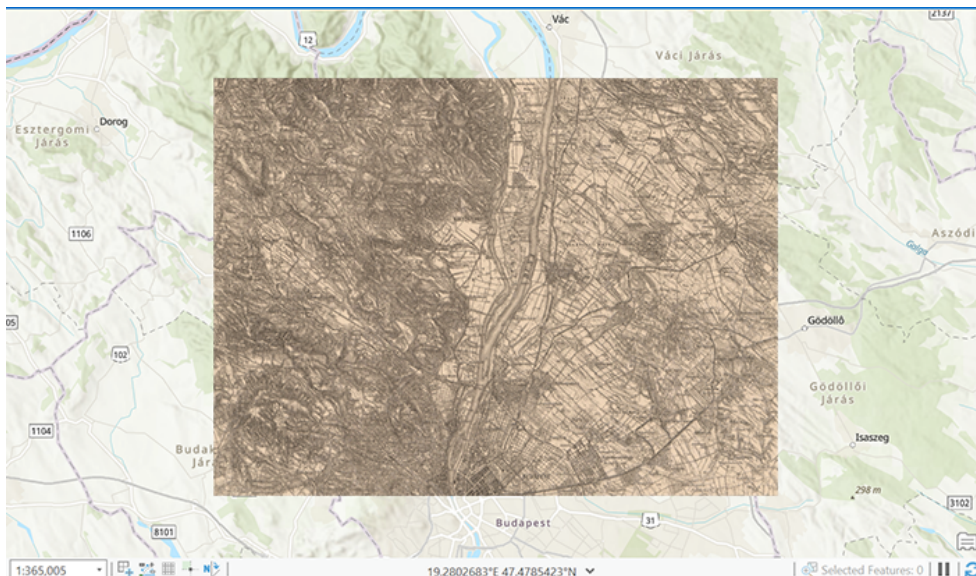
Výpis 3.2: *Formát KML*. Reprezentace čáry v Brně.

Rastrové formáty

Tento typ formátu je určen pro práci s rastrovými daty, která jsou reprezentována mřížkou buněk. Každá buňka má přiřazenou vlastní hodnotu a přesně definovanou pozici. Mezi nejrozšířenější rastrové formáty patří GeoTIFF, ale také obecně známější formáty, jako jsou PNG a JPEG.

GeoTIFF

Formát sloužící k ukládání rastrových dat, který rozšiřuje stávající značkovací formát TIFF (*Tagged Image File Format*). Toto rozšíření umožňuje pomocí sady specifických značek popsat veškeré kartografické informace spojené s TIFF snímky, viz obrázek 3.2. Tyto snímky mohou pocházet například ze satelitních snímků, naskenovaných map nebo leteckých fotografií. Cílem tohoto formátu je propojit rastrové snímky s modelovým prostorem nebo mapovou projekcí [14].



Obrázek 3.2: *Rastrový obrázek ve formátu GeoTIFF*. Obrázek obsahuje své souřadnice, což umožňuje jeho správné vykreslení na mapě při otevření v ArcGIS. Převzato a upraveno z webové stránky².

3.2 Získávání geografických dat

Sběr geografických dat probíhá buď primárně, tedy přímo v terénu, nebo sekundárně, z již existujících dat.

Primární sběr dat zahrnuje především získávání vektorových dat pomocí GPS nebo totální stanice. Rastrová data jsou nejčastěji získávána dálkovým průzkumem, například pomocí satelitních nebo leteckých snímků. Tento způsob umožňuje rychlé a efektivní pokrytí rozsáhlých území, avšak takto získaná data vyžadují validaci pro zajištění přesnosti [9].

Sekundární sběr dat využívá již existující geografická data, a to jak v digitální, tak tištěné podobě. Tištěné mapy je možné převést do digitální formy několika způsoby digitalizace:

- **Tabletová digitalizace** – Objekty na mapě jsou označovány na specializovaném tabletu propojeném s počítačem [9].
- **Digitalizace na obrazovce** – Naskenované mapy se registrují do souřadnicového systému a jednotlivé prvky se zakreslují ručně, viz obrázek 3.3 [9].
- **Skenování** – Automatizovaná metoda, při níž jsou mapy skenovány, registrovány a následně převedeny z rastrového do vektorového formátu pomocí specializovaného softwaru [9].

²<https://blogs.loc.gov/maps/2023/05/the-secret-life-of-geotiffs/>



Obrázek 3.3: *Digitalizace na obrazovce*. Vlevo: mapa před procesem digitalizace na obrazovce. Vpravo: výsledná digitalizace. Převzato z webové stránky³.

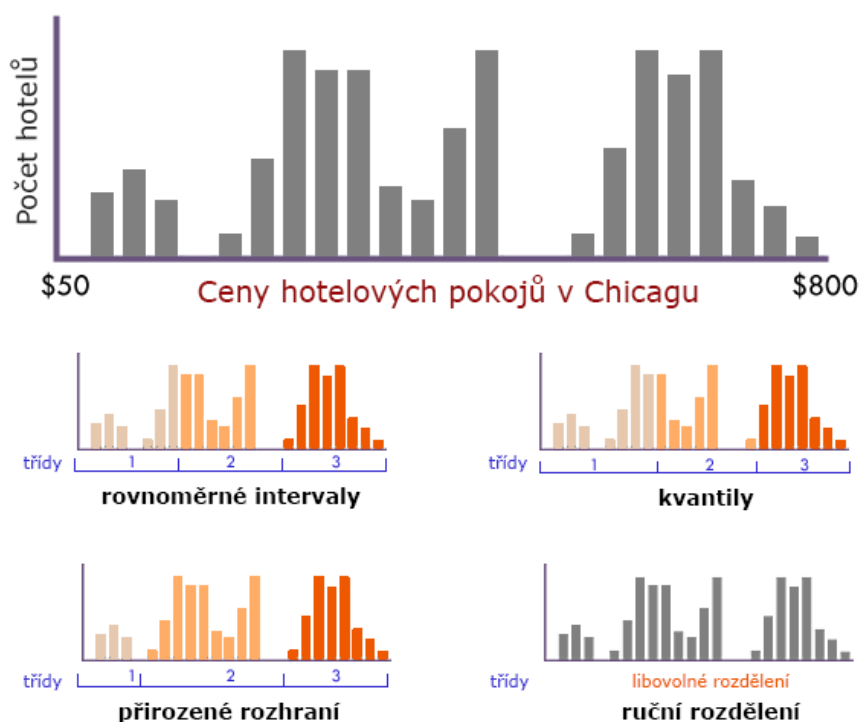
3.3 Kategorizace geografických objektů

Kategorizace geografických objektů představuje důležitou součást procesu vizualizace prostorových dat v GIS. Jak bylo podrobněji zmíněno v kapitole 3.1.1, prostorová data se skládají z geometrických objektů, jako jsou body, čáry a polygony. Proces kategorizace spočívá v přiřazení těchto dat k jedné ze zmíněných skupin geometrických objektů. Každá z těchto kategorií odpovídá specifickému typu prostorové reprezentace.

V moderních GIS systémech je kategorizace geografických objektů obvykle prováděna automaticky na základě datového formátu. Například ve formátu Shapefile jsou jednotlivé geometrické objekty ukládány do samostatných souborů podle typu jejich geometrie. Manuální kategorizaci je možné využít například tehdy, když data obsahují chyby, jako je označení polygonu jako bodu, nebo v situacích, kdy jsou některé objekty nesprávně vytvořeny, například linie, která by měla být polygonem. Manuální přístup je rovněž vhodný při rozdělování objektů v rámci jedné vrstvy, která zahrnuje více kategorií geometrických objektů.

Rozdělení geografických dat na základě prostorových vlastností však není jediným způsobem jejich kategorizace. Další možností je kategorizace na základě atributových dat. Tento přístup spočívá v nalezení optimálního počtu tříd a jejich rozdělení tak, aby rozdíly uvnitř tříd byly minimální a rozdíly mezi třídami maximální. Obrázek 3.4 znázorňuje možné způsoby tohoto rozdělení. Tento způsob kategorizace se využívá například u choropletových map popsanych v kapitole 3.4.1. Díky této klasifikaci je možné výrazně zjednodušit vizualizaci pro uživatele a zároveň dramaticky ovlivnit výslednou interpretaci dat [2].

³<https://gis-university.com/gis-data-input-techniques/>



Obrázek 3.4: *Přehled klasifikačních metod.* Rovnoměrné intervaly – Hodnoty jsou rozděleny do intervalů stejné šířky. Kvantily – Hodnoty jsou rozděleny do tříd tak, aby každá obsahovala přibližně stejný počet prvků. Přirozené rozhraní – Rozdělení je založeno na přirozených změnách a mezerách v datech. Převzato a přeloženo z [2].

3.4 Vizualizace geografických dat

Vizualizace geografických dat je založena především na mapách a jejich různých vrstvách a zobrazeních, které tvoří základ pro prezentaci dat. Tato data mohou být vizualizována na mapách měst, kontinentů, ale i celého světa. MacEachren a Kraak ve svém článku [13] definují čtyři hlavní cíle vizualizace: průzkum, analýzu, syntézu a prezentaci, které jsou zásadní při zpracování a interpretaci geografických dat [23].

K digitální vizualizaci geografických dat se využívají geografické informační systémy a takto vizualizovaná data jsou následně využívána v mnoha oblastech, jako je například doprava, urbanismus nebo ekologie [23].

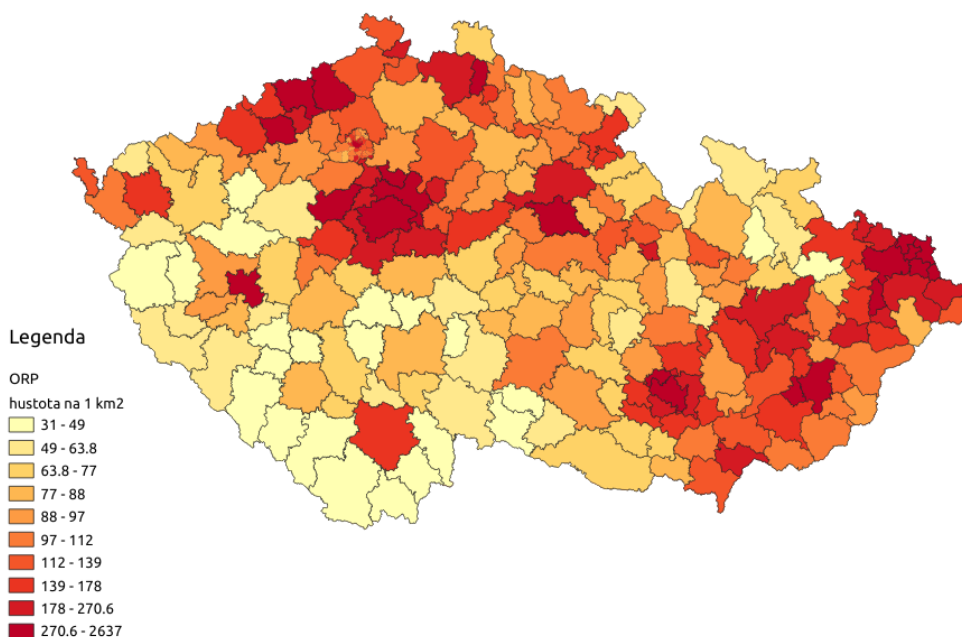
Nöllenburg ve své knize [18] hovoří o sedmi typech vizualizace geografických dat, mezi které patří 2D a 3D kartografická vizualizace, nástroje pro vizuální dolování dat, animace, časoprostorová vizualizace, interaktivní uživatelská rozhraní a kombinace vizuálního a výpočetního zkoumání.

3.4.1 2D vizualizace

Nejrozšířenější metodou vizualizace geografických dat je zobrazení dat na mapě podle jejich souřadnic. Existuje mnoho různých typů map, které používají rozdílné způsoby pro zobrazování dat, a každý z nich je vhodný pro jiné účely.

Choropleťová mapa

Jeden z nejpoužívanějších způsobů kartografické vizualizace. Tento typ mapy využívá barev a textur ke znázornění určitých geografických oblastí, například okresů, krajů nebo států, na základě určitého atributu, jako je hustota obyvatel, znázorněná na obrázku 3.5, nebo volební účast. Choropleťové mapy pomáhají zobrazovat obecné trendy, avšak dochází u nich k jisté ztrátě dat, protože neumožňují přesné zjištění konkrétní číselné hodnoty [18].

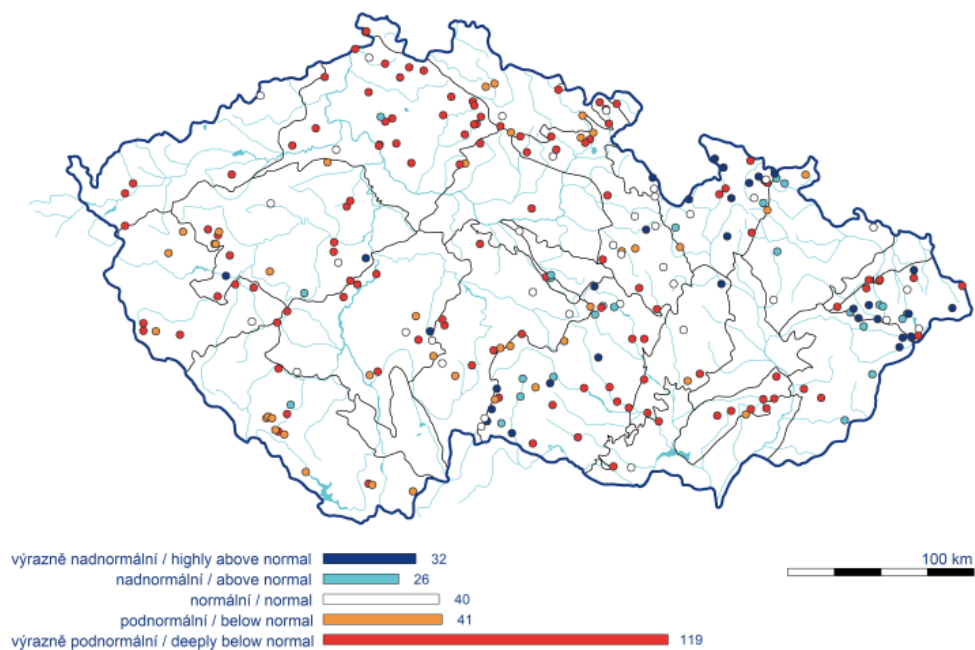


Obrázek 3.5: *Choropleťová mapa*. Hustota zalidnění obcí s rozšířenou působností v České republice. Převzato z webové stránky⁴.

Bodová mapa

Tento typ mapy využívá symboly, nejčastěji body, k zobrazování konkrétních lokalit, jak je znázorněno na obrázku 3.6. Existují dvě varianty bodových map. První varianta je „jedna ku jednomu“, kde jeden bod odpovídá jednomu konkrétnímu datovému místu, například městu. Druhou variantou je „jedna ku mnoha“, kde jeden bod představuje předem stanovený počet výskytů mapovaného jevu, přičemž příkladem mohou být místa dopravních nehod [21].

⁴<https://data.gov.cz/Ďláňky/kartogram-choropleth>



Obrázek 3.6: *Bodová mapa*. Vyhodnocení stavu podzemních vod v České republice za rok 2020. Převzato z webové stránky⁵.

3.4.2 3D vizualizace

Moderní přístup k vizualizaci geografických dat, který využívá trojrozměrné prostředí pro jejich reprezentaci. Oproti 2D vizualizaci nabízí větší možnosti interakce a zobrazení detailů díky přidanému třetímu rozměru – výšce. Výška může podle kontextu znázorňovat různé atributy, například nadmořskou výšku, hustotu obyvatelstva nebo míru kriminality. V oblasti 3D vizualizace lze rozlišit několik hlavních typů, které se liší způsobem zpracování dat a oblastí využití [11]:

- **2.5D** – Jedná se o 2D data s přidanou výškovou informací, která se používají vizualizaci terénu a výškových modelů [11].
- **3D vektor** – 3D modely objektů, jako jsou budovy, stromy či infrastruktura, používané pro městské plánování a návrhy krajiny [11].
- **3D rastry** – Data založená na trojrozměrných mřížkách, jako jsou 3D výškové modely, které jsou využívány při analýzách terénu, hydrologii nebo environmentálním modelování [11].
- **3D síťové modely** – Polygonové 3D modely podporující vlastnosti, jako jsou textury, barvy a průhlednost. Tyto modely, jež jsou znázorněny na obrázku 3.7, mohou reprezentovat jakýkoliv typ dat, včetně budov, vegetace, složitých terénů nebo interiérů budov [11].

⁵<https://www.chmi.cz/aktualni-situace/hydrologicka-situace/podzemni-vody/stav-podzemnich-vod/rocní-vyhodnocení>



Obrázek 3.7: *3D vizualizace*. Vizualizace města San Francisco, kde barvy budov znázorňují čas docházky k veřejné dopravě. Převzato z webové aplikace⁶.

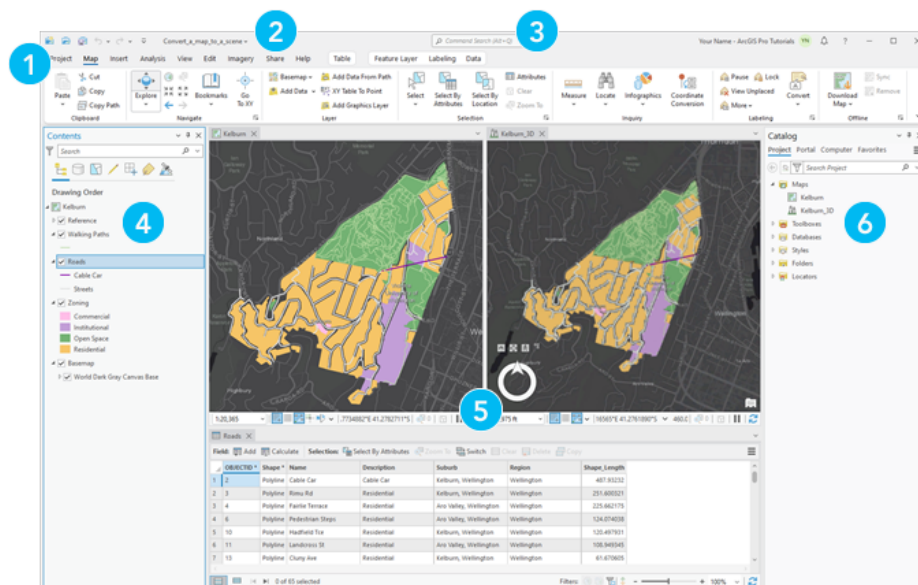
3.5 Současné platformy

Nejdůležitějším krokem při výběru vhodného GIS je jasně definovat, k jakému účelu má systém sloužit – zda má být jeho hlavním cílem analýza dat, nebo jejich vizualizace. Od toho se odvíjejí další požadavky, například finanční náročnost. Existují totiž jak komerční, tak i tzv. open-source systémy, které jsou k dispozici zdarma. Dalšími kritérii mohou být rozšiřitelnost, dostupnost technické podpory nebo kompatibilita s již zavedenými systémy.

3.5.1 ArcGIS

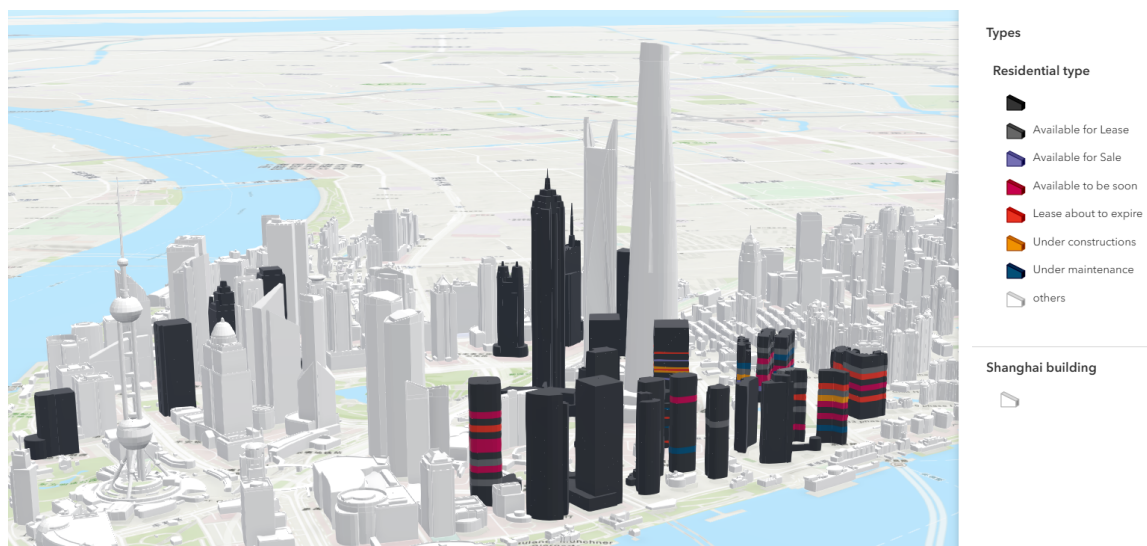
Jeden z nejrozšířenějších a nejpokročilejších komerčních GIS, vyvíjený společností Esri. Srdcem celého systému je ArcGIS Pro – desktopová aplikace, jejíž grafické uživatelské rozhraní, znázorněné na obrázku 3.8, umožňuje snadný přístup ke kompletní sadě stovek nástrojů a funkcí, jako je 3D vizualizace, interaktivní analýza a další. Aplikace umožňuje publikovat data na server ArcGIS Enterprise nebo do cloudu ArcGIS Online, kde s nimi mohou pracovat další vývojáři či uživatelé prostřednictvím webových a mobilních aplikací [1].

⁶<https://www.esriuk.com/en-gb/arcgis/3d-gis/overview#visualisation>



Obrázek 3.8: Grafické uživatelské rozhraní ArcGIS Pro. 1. Nastavení, 2. Nástroje, 3. Vyhledávač, 4. Panel obsahu (zobrazuje vrstvy aktuální mapy), 5. Zobrazení mapy (umožňuje práci s více pohledy), 6. Katalog panel (pro správu dat). Převzato z webové stránky⁷.

ArcGIS je ideální pro náročné a komplexní projekty, které vyžadují pokročilé možnosti vizualizace, analýzy a technické podpory. Typickými příklady jsou státní projekty nebo projekty spojené s urbanistickým plánováním, jako je například 3D vizualizace a simulace budov při výstavbě nových čtvrtí, či 3D modelování již existujících čtvrtí s přidanou informační hodnotou, jak znázorňuje obrázek 3.9. Dalšími projekty mohou být vizualizace prostorových změn v čase, například sledování změn teploty mezi jednotlivými lety v různých částech měst, nebo modelování přírodních jevů, jako jsou povodně, sesuvy půdy či šíření požárů.

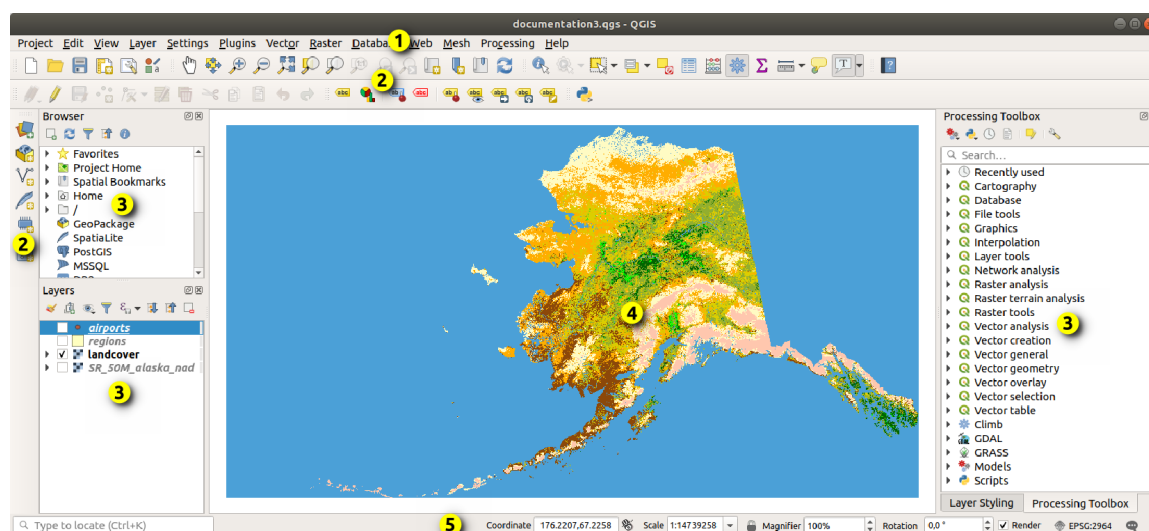


Obrázek 3.9: 3D vizualizace v ArcGIS. Rezidenční výškové budovy v centru Šanghaje, kategorizované na základě jejich aktuálního stavu a dostupnosti. Převzato z webové aplikace⁸.

⁷<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/user-interface.htm>

3.5.2 QGIS

Open-source alternativa GIS, která je dostupná zdarma a vyvíjena skupinou dobrovolníků. QGIS, jehož grafické uživatelské rozhraní je znázorněno na obrázku 3.10, je využíván především u menších projektů, protože oproti ArcGIS nabízí menší počet nástrojů, funkcí a omezenou technickou podporu. Systém si zakládá především na komunitě uživatelů, kteří jej vylepšují prostřednictvím pluginů rozšiřujících jeho funkce, díky čemuž je flexibilní a snadno přizpůsobitelný [22].

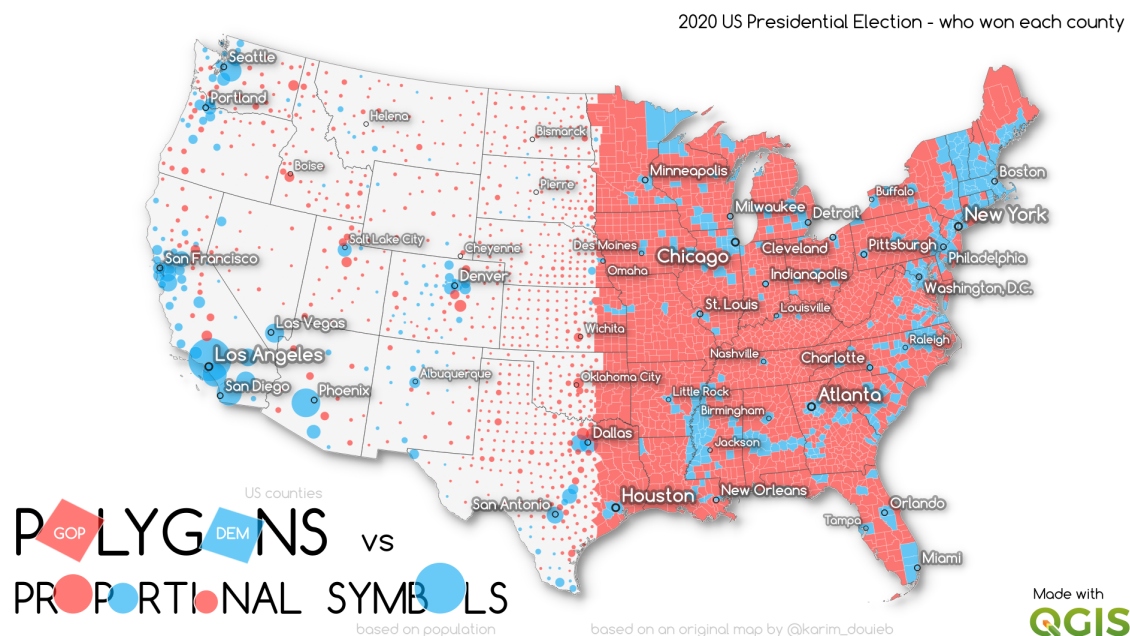


Obrázek 3.10: *Grafické uživatelské rozhraní QGIS*. 1. Nastavení, 2. Nástroje, 3. Panely (zobrazuje například seznam vrstev), 4. Pohled (zobrazení mapy nebo dat), 5. Stavový řádek (informace o měřítku a souřadnicích). Převzato z webové stránky⁹.

QGIS je ideálním řešením pro menší a středně velké projekty, které vyžadují flexibilitu, přizpůsobitelnost a nízké náklady na implementaci. Díky open-source přístupu a široké škále pluginů a možností rozšíření je často využíván ve vzdělávání, například na školách, jednotlivci, komunitními a neziskovými organizacemi, nebo v projektech, které nevyžadují složitou a pokročilou analýzu. Právě díky dostupnosti pluginů může QGIS v některých funkcích konkurovat nebo dokonce překonat možnosti ArcGIS. Na obrázku 3.11 je zobrazena mapa vytvořená pomocí QGIS.

⁸<https://globolive3d.maps.arcgis.com/apps/webappviewer3d/index.html?id=3851cc3097134dac81da6f2784617564>

⁹https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/introduction/qgis_gui.html



Obrázek 3.11: Vizualizace v QGIS. Výsledky prezidentských voleb v USA 2020 znázorněné polygonovou mapou a proporčními symboly. Převzato z webové aplikace¹⁰.

3.6 Závěr

GIS systémy nabízejí širokou škálu možností práce s geografickými daty. Existují jak komerční, tak open-source systémy, mezi nimiž dominují komerční a zároveň nejpoužívanější systém ArcGIS a open-source systém QGIS. Geografická data popisují objekty na zemském povrchu prostřednictvím prostorových a atributových dat.

Prostorová data určují polohu objektu a dělí se na vektorová data, která se skládají z bodů, čar a polygonů, a rastrová data, reprezentovaná buňkami v mřížce. Atributová data poskytují doplňující informace k prostorovým datům ve formě atributů.

Získávání geografických dat probíhá buď přímo v terénu, nebo s využitím již existujících dat. Geografické objekty lze kategorizovat na základě jejich geometrie nebo podle jejich vlastností. Nejrozšířenější metodou vizualizace geografických dat je 2D vizualizace, která je založená na zobrazování dat na mapě.

¹⁰<https://www.statismapsnpix.com/2023/01/animating-proportional-symbol-map-in.html>

Kapitola 4

Analýza problému

Existuje řada veřejných institucí, které poskytují datové sady dopravního značení nebo přímo provozují aplikace pro jejich vizualizaci. Tyto datové sady slouží institucím především k evidenci a správě dopravních značek, včetně informací o jejich stavu či datu poslední revize. Široká veřejnost může z otevřených dat čerpat řadu užitečných informací. Tato data jsou rovněž cenná pro vývojáře, kteří s nimi chtějí dále pracovat. Dostupné aplikace umožňují grafickou a interaktivní vizualizaci značek přímo na odpovídajícím místě na mapě, což je užitečné například při návrhu dopravní infrastruktury. Samotná vizualizace pak nabízí veřejnosti možnost interaktivního zobrazení značek, včetně jejich detailního popisu.

Město Most poskytuje otevřená data a vizualizace z různých oblastí, jako jsou životní prostředí, doprava, školství nebo územní plánování. Některé další podobné vizualizace a datové sady, včetně svislého dopravního značení, slouží pouze interním potřebám města.

4.1 Problémy

Analýza dostupných datových sad o dopravním značení a aplikací pro jejich vizualizaci ukazuje, že obě tyto části obsahují určité nedostatky a problémy, na které je vhodné se v rámci implementace zaměřit. Tyto problémy budou v této sekci podrobně popsány.

4.1.1 Datové sady

Datové sady tvoří základ pro samotné vizualizace, a jejich případné problémy mohou výrazně ovlivnit jejich dostupnost a využitelnost. Při analýze datových sad byly identifikovány následující problémy:

- **Omezená dostupnost datových formátů** – Datové sady bývají často dostupné pouze v omezeném množství formátů, v některých případech dokonce pouze v jednom specifickém formátu. To může výrazně zkomplikovat a omezit míru využitelnosti takovéto sady, jelikož různé aplikace a platformy podporují odlišné formáty. Tento problém zároveň může méně technicky zdatným uživatelům značně ztížit práci při zpracování a převodu dat. Další komplikací je skutečnost, že některé z těchto formátů jsou navíc strojově nečitelné, což znemožňuje jejich snadné zpracování a automatizaci.
- **Absence vodorovného dopravního značení** – Většina dostupných datových sad se zaměřuje výhradně na svislé dopravní značení, zatímco datové sady pokrývající vodorovné dopravní značení jsou výrazně méně dostupné. Přitom vodorovné dopravní

značení představuje neméně podstatnou součást dopravní infrastruktury. Evidence, správa a vizualizace vodorovných značek by mohly přinést obdobné výhody jako u značek svislých, a to jak veřejným institucím, tak široké veřejnosti. Občané by například prostřednictvím této vizualizace mohli snadno zjistit polohu parkovacích míst včetně jejich kapacity.

4.1.2 Vizualizace

Vizualizace interpretují jednotlivé datové sady a poskytují interaktivní způsob, jak mohou uživatelé s informacemi pracovat. Pro jejich větší efektivitu by měly být dobře odladěné a uživatelsky přívětivé, jelikož jejich kvalita přímo ovlivňuje uživatelskou zkušenost. Při analýze vizualizací byly identifikovány následující problémy:

- **Nekomplexní reprezentace vodorovného dopravního značení** – Na rozdíl od svislých značek se vodorovné značky vyznačují rozmanitými tvary a různě složitou geometrií, která se liší v závislosti na typu konkrétní značky. Tyto značky však bývají často nevhodně reprezentovány pouze jedním typem geometrie, například bodem, což nemusí být vhodné pro přesné zobrazení konkrétních značek a může vést k nejasnostem při jejich identifikaci.
- **Omezená přizpůsobitelnost zobrazení dat** – Aplikace pro vizualizaci dopravního značení obvykle neposkytují možnost interaktivního výběru zobrazovaných dat, a pokud ano, tak v omezeném množství. Nejčastěji umožňují pouze základní volbu mezi svislým a vodorovným značením, avšak detailnější filtrování, například zobrazení pouze jednoho konkrétního typu svislého značení, zpravidla není k dispozici. Absence pokročilejší přizpůsobitelnosti komplikuje rychlé a efektivní získávání potřebných informací, což se s rostoucím množstvím dat ještě více prohlubuje.
- **Nejednotná reprezentace svislého dopravního značení** – Navzdory tomu, že svislé dopravní značky mají v reálném světě jednotnou konstrukci v rámci svých skupin, v digitálním světě neexistuje jednotná metoda jejich reprezentace. Každý přístup k vizualizaci volí odlišný způsob zobrazení jednotlivých značek. Některé z těchto přístupů využívají geometrické objekty k reprezentaci značek, jiné naopak sázejí na ikony v podobě obrázku konkrétní značky.

4.2 Požadavky na řešení

Tato sekce shrnuje a popisuje požadavky na řešení vyplývající z analýzy existujících řešení a potřeb uživatelů, tedy města Most i běžných uživatelů aplikace. Z těchto zjištění vyplývá několik klíčových požadavků, na které by se aplikace měla zaměřit. Tyto požadavky lze rozdělit do dvou kategorií: technické požadavky a uživatelské požadavky. Technické požadavky specifikují požadavky na technické řešení a implementaci aplikace, zatímco uživatelské požadavky odrážejí potřeby a cíle budoucích uživatelů aplikace.

4.2.1 Technické požadavky

- **Komplexní reprezentace vodorovného dopravního značení** – Vodorovné dopravní značení by mělo být zobrazeno realisticky pomocí vhodné a přesné geometrické reprezentace, která odpovídá jeho skutečné podobě v reálném světě. Například vodící

čáry by měly být reprezentovány pomocí čar, zatímco zastávky pomocí polygonů. Cílem je, aby uživatel dokázal identifikovat konkrétní značku již na základě samotné reprezentace, nikoliv až po zobrazení detailních údajů. Taková reprezentace umožní uživatelům snadno a rychle rozpoznat typ a rozsah značení a zároveň minimalizuje chyby při interpretaci dat.

- **Import a export dat** – Uživatel by měl mít možnost snadno, rychle a bezpečně importovat a exportovat datové sady určené k vizualizaci. Aplikace by měla podporovat různé datové formáty, včetně těch nejrozšířenějších, a samotný proces importu a exportu dat by měl být navržen tak, aby byl maximálně uživatelsky přívětivý.
- **Přenositelnost** – Řešení by mělo být navrženo tak, aby umožňovalo snadnou přenositelnost mezi různými platformami, zajistilo kompatibilitu a možnost nasazení v různých prostředích. Přenositelnost zvýší flexibilitu a rozšíří možnosti využití pro uživatele.

4.2.2 Uživatelské požadavky

- **Intuitivní uživatelské rozhraní** – Uživatelské rozhraní aplikace by mělo být navrženo tak, aby bylo intuitivní, snadno ovladatelné a přehledné, a to i pro uživatele s minimálními technickými znalostmi. Rozhraní by mělo zahrnovat přehlednou navigaci a logické rozdělení prvků. Uživatel by měl mít vždy jasnou představu o dalších krocích, a to společně s relevantní zpětnou vazbou při každé provedené akci. To vše by mělo přispět k tomu, aby byl uživatel schopný s aplikací pracovat bez nutnosti školení či podrobného studování jejího ovládání.
- **Přizpůsobení zobrazovaných dat** – Uživatel by měl mít možnost přizpůsobit si zobrazovaná data výběrem některé z přednastavených skupin značek, které jsou definovány na základě společných atributů. Skupiny mohou zahrnovat například pouze svislé či vodorovné značky, konkrétní kategorie značek, jako jsou výstražné či zákazové značky, značky určitého stavu či další podobné skupiny. Tato filtrace by měla uživatelům umožnit zobrazit pouze ta data, která odpovídají jejich potřebám.
- **Editace a správa značení** – Aplikace by měla uživateli umožnit komplexní správu dopravního značení pomocí operací, jako je přidávání, úprava a mazání jednotlivých značek. Tyto operace by měly být navrženy tak, aby byly intuitivní a uživatelé snadno pochopili, jaké kroky je třeba provést. Zároveň by měla být zajištěna validace dat při každé provedené změně, aby se minimalizovalo riziko chyb.
- **Podpora více podkladových map** – Aplikace by měla uživatelům umožnit přepínání mezi různými vrstvami podkladových map, což by zajistilo větší míru přizpůsobitelnosti vizualizace. Mezi podporované mapy by měly patřit letecké snímky, základní mapy nebo plány města. Přepínání mezi jednotlivými vrstvami map by mělo být plynulé a bez výrazných prodlev.
- **Interaktivní vizualizace** – Geometrické objekty reprezentující dopravní značení by měly být plně interaktivní, aby uživatelé mohli snadno získat podrobné informace o jednotlivých značkách. Kliknutím na konkrétní značku by mělo dojít k jejímu zvýraznění a zobrazení detailních údajů o dané značce, jako je typ značky, její stav a další vedené údaje.

Kapitola 5

Návrh řešení

Vyvíjená aplikace bude sloužit k vizualizaci dopravního značení města Most. Cílem je vytvořit nástroj, který umožní efektivní správu a přehledné zobrazení vodorovných dopravních značek. Aplikace bude sloužit jak samotnému městu pro evidenci a správu infrastruktury, tak široké veřejnosti pro snadný přístup k informacím o dopravním značení. V následujících podkapitolách této kapitoly bude detailně popsán datový model a jednotlivé části navrhovaného uživatelského rozhraní aplikace.

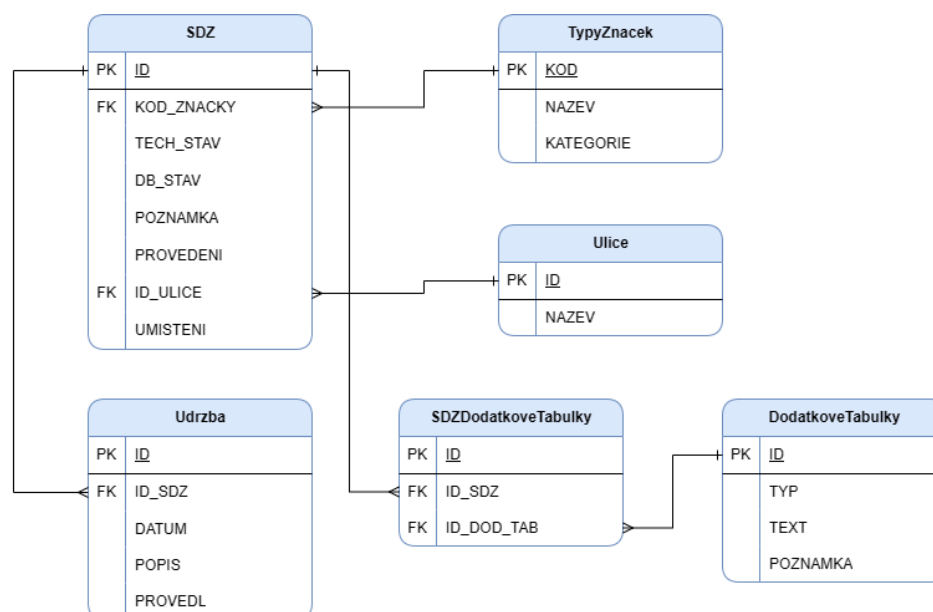
5.1 Datový model

Datový model bude reprezentovat data, se kterými bude anotační nástroj pracovat. Tato data budou ukládána přímo v rámci softwaru ArcGIS pomocí jeho geodatabázového modelu. Model umožňuje definovat různé datové sady prvků, v tomto případě svislé a vodorovné dopravní značení. Každá datová sada obsahuje konkrétní třídy prvků, které se liší na základě geometrických objektů – bodů, čar a polygonů, pomocí nichž mají být reprezentovány.

5.1.1 Svislé dopravní značení

Svislé dopravní značení bude zobrazováno pomocí bodů vzhledem k jeho jednotné reprezentaci. Základní entitou modelu, znázorněnou na obrázku 5.1, bude **SDZ**. Tato entita bude obsahovat informace o jednotlivých svislých dopravních značkách umístěných v terénu, ale také informace o značkách v rámci databáze, například zda jsou ve fázi návrhu, v provozu nebo již zrušené.

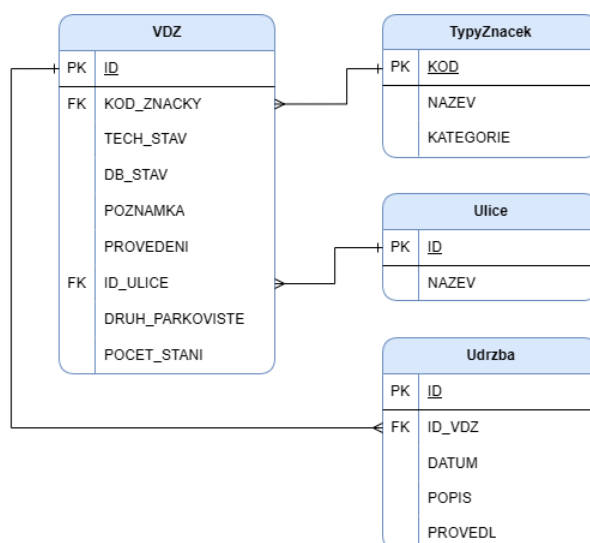
Klíčovým vztahem je propojení značek s jejich typem pomocí kódu značky v rámci entity **TypyZnacek**. Tato entita bude obsahovat seznam veškerých značek spolu s jejich názvy a kategoriemi. Značky budou umístěny na konkrétní ulici, což bude evidováno pomocí vztahu s entitou **Ulice**, která bude obsahovat názvy všech ulic. Pomocí entity **Údržba** budou zaznamenávány jednotlivé údržby související s danou značkou, včetně informací o datu, popisu a osobě zodpovědné za údržbu. V datovém modelu je rovněž reflektována evidence dodatkových tabulek, které mohou být součástí některých značek. Vzhledem k tomu, že značka může mít více dodatkových tabulek, bylo nutné vytvořit vazební tabulku **SDZDodatkoveTabulky**, kterou je možné vidět na obrázku 5.1, která tento vztah umožní.



Obrázek 5.1: *Datový model svislého dopravního značení.*

5.1.2 Vodorovné dopravní značení

Vodorovné dopravní značení bude díky své rozmanitosti reprezentováno všemi třemi typy geometrických objektů. Symboly na vozovce budou zobrazovány pomocí bodů, linie budou sloužit například k reprezentaci vodicích čar a polygony budou znázorňovat plošné značky či parkoviště. Základní entitou modelu, znázorněnou na obrázku 5.2, bude entita VDZ. Tato entita bude obsahovat téměř stejné informace jako hlavní entita svislého dopravního značení. Oproti svislému značení bude zahrnovat údaje o druhu parkoviště a počtu stání. Stejně jako u svislého dopravního značení bude každému vodorovnému značení přiřazen konkrétní typ značení v tabulce **TypyZnacek**. Zároveň bude propojeno s konkrétní ulicí, na níž se nachází. V rámci údržby bude opět možné zadat větší množství záznamů o údržbě pro jedno značení.

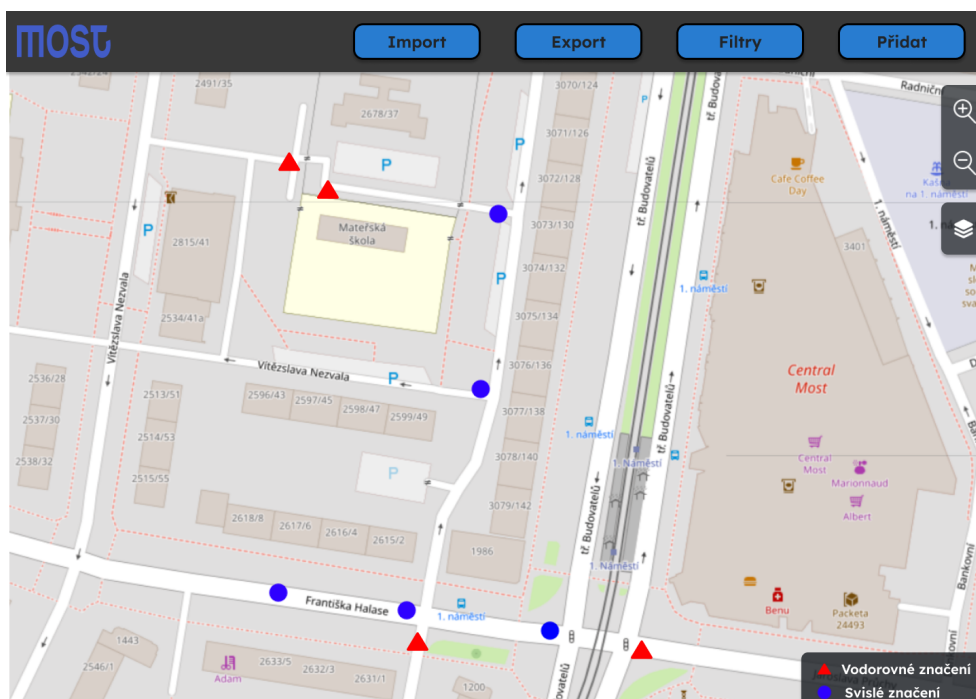


Obrázek 5.2: *Datový model vodorovného dopravního značení.*

5.2 Uživatelské rozhraní

Výsledné grafické uživatelské rozhraní bude implementováno na základě následujícího návrhu, který byl vytvořen pomocí aplikace Figma¹. Uživatelské rozhraní se skládá z následujících částí:

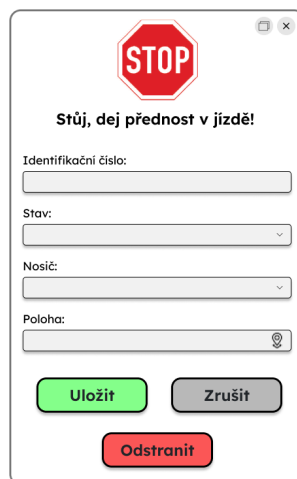
- **Domovská stránka** – Domovská stránka bude z hlavní části tvořena mapou, ve které budou zobrazena jednotlivá dopravní značení. Aplikace bude umožňovat přiblížení a oddálení mapy, stejně tak možnost změnit aktivní mapovou vrstvu. Značky budou vizualizovány pomocí geometrických objektů, jejichž význam bude vysvětlen legendou v pravém dolním rohu mapy, na základě kategorie značení, jak je znázorněno na obrázku 5.3. Po kliknutí na značku dojde k zobrazení detailních informací o dané značce a značka se zvýrazní. Součástí domovské stránky je také menu v horní části, které se skládá ze záložek Import, Export, Filtry a Přidat, znázorněných na obrázku 5.3.



Obrázek 5.3: *Navrhovaná domovská stránka.*

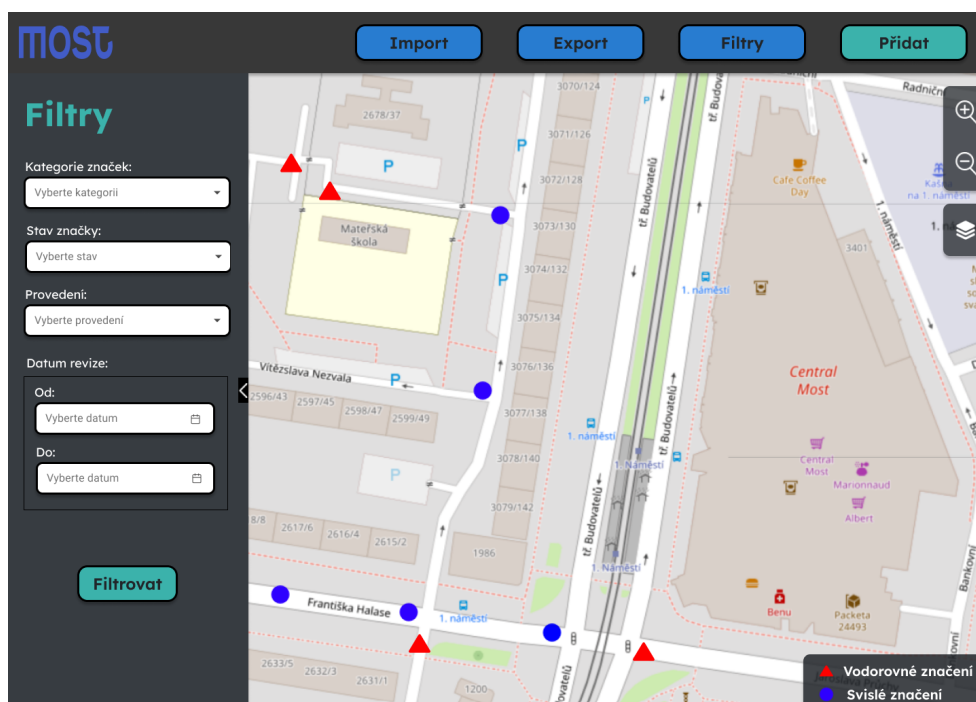
- **Detail značky** – Po rozkliknutí značky dojde k otevření okna s jejím detailem, které bude obsahovat formulář s podrobnými informacemi o konkrétní značce, jak je možné vidět na obrázku 5.4. Pomocí tohoto formuláře bude možné upravit veškeré údaje o značce, včetně jejího umístění změnou pozice na mapě. Při úpravě značky bude zároveň zajištěna kontrola validity zadávaných údajů. Pokud bude u značky uvedeno větší množství údajů, bude možné se mezi nimi pohybovat pomocí posuvníku nebo zvětšením samotného okna. Stejně tak bude možné značku odstranit, přičemž tento proces bude zahrnovat zobrazení potvrzovacího okna, aby se předešlo nechtěnému smazání.

¹<https://www.figma.com/>



Obrázek 5.4: *Navrhovaný detail značky.*

- **Filtry** – Pomocí filtrů bude možné zobrazit nebo skrýt určité kategorie dopravních značek. Nastavení jednotlivých filtrů bude dostupné v postranním panelu na levé straně obrazovky, jak je možné vidět na obrázku 5.5. Uživatel bude mít na výběr z několika filtrů, jako je například filtrování podle kategorie, stavu či provedení značky.
- **Import a Export** – Záložky Import a Export budou sloužit k importu a exportu datových sad v rámci aplikace. Při importu bude možné zvolit vstupní datovou sadu, zatímco při exportu si uživatel bude moci vybrat některý z podporovaných formátů pro export. Stejně jako záložka Filtry budou obě tyto záložky umístěny v postranním panelu na levé straně obrazovky.



Obrázek 5.5: *Navrhované filtry.*

- most

Import

Export

Filtry

Přidat

Identifikační číslo:

Název:

Stav:

Kategorie:

Nosič:

Datum instalace:

Poloha:

Poslední kontrola:

Uložit

Zrušit

Obrázek 5.6: *Navrhované přidávání značení.*

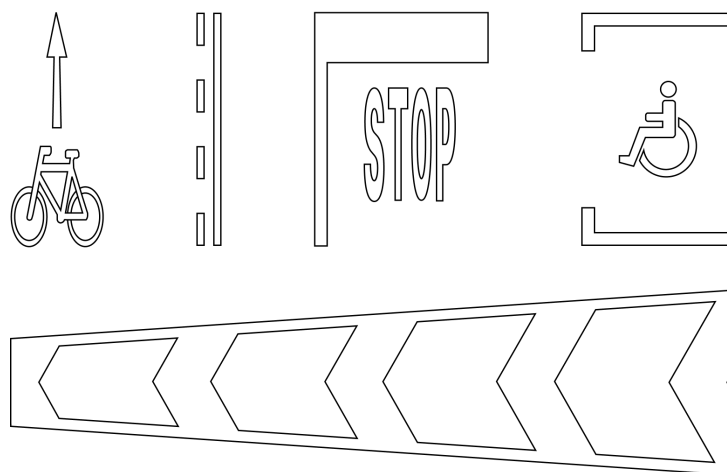
Kapitola 6

Implementace

Tato kapitola se zaměřuje na popis implementace vizualizace vodorovného dopravního značení v softwaru ArcGIS Pro. Pro potřeby této aplikace jsem rovněž vytvořil vlastní widget pro interaktivní otáčení prvků na mapě v prostředí ArcGIS Experience Builderu¹, jehož implementace bude v této kapitole také popsána. V následujících podkapitolách se budu postupně věnovat přípravě grafické reprezentace vodorovného značení, samotné vizualizaci značení a následně také konfigurační i hlavní části implementace widgetu.

6.1 Grafická reprezentace značení

První částí práce na samotné vizualizaci byla příprava symbolů pro reprezentaci vodorovného značení. Pro tento účel jsem vytvořil vektorové symboly pomocí aplikace Figma. Při tvorbě jednotlivých značek jsem vycházel z platných technických podmínek², které stanovují podobu těchto značek, jako jsou jejich rozměry, rozestupy, velikosti piktogramů a další technické parametry. Na základě těchto podmínek jsem vytvořil všechny předepsané vodorovné dopravní značky, včetně všech jejich možných variant použití. Takto připravené značky, jak je možné vidět na obrázku 6.1, jsem následně ve formátu SVG použil při výsledné vizualizaci v ArcGIS Pro.



Obrázek 6.1: Ukázka vodorovných dopravních značek vytvořených ve Figmě.

¹<https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/arcgis/arcgis-experience-builder>

²https://pjpk.rsd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_133.pdf

6.2 Vizualizace dopravního značení

Vizualizace byla vytvářena přímo v rámci aplikace ArcGIS Pro na základě poskytnuté datové sady vodorovného dopravního značení města Most. Tato sada je rozdělena do čtyř vrstev podle typu geometrie jednotlivých prvků: bodová vrstva **VDZ Symboly**, liniová vrstva **VDZ Linie** a dvě polygonové vrstvy **VDZ Parkovací místa** a **VDZ Plochy**. Samotné zpracování vizualizací se však právě na základě typu geometrie liší.

Grafická reprezentace prvků ve všech vrstvách je založena na kategorizovaném zobrazení podle hodnot atributů. Vzhledem k poctivě zpracovanému datovému modelu bylo poměrně jednoduché rozdělit jednotlivé prvky do tzv. tříd symbolů na základě svých atributů, konkrétně podle označení či názvu značky. U liniových prvků a symbolů je rozdělení dále zpřesněno podle typu provedení, které rovněž ovlivňuje vzhled značky.

6.2.1 Symboly

Bodové prvky umožňují použití vektorového souboru k jejich symbolice. Pro tyto účely jsem využil mnou vytvořené vektorové obrázky ve formátu SVG, o kterých se zmiňuji již v předchozí sekci, a které byly přiřazeny jednotlivým značkám na základě rozdělení do tříd symbolů. U bodových prvků bylo rovněž zapotřebí, kromě přiřazení odpovídajících grafických symbolů, zajistit jejich správnou orientaci v prostoru, aby směr natočení symbolu odpovídal skutečnému fyzickému umístění a orientaci v terénu.

Pro tento účel jsem využil atribut udávající úhel natočení, který byl již součástí datového modelu poskytnuté datové sady. ArcGIS totiž umožňuje tzv. atributově řízenou symboliku, pomocí níž je možné odvozovat některé z vlastností symbolů, jako je například natočení symbolu, na základě hodnot specifického atributu. Právě tento způsob jsem využil pro řízení natočení značek, kdy hodnota úhlu rotace přímo ovlivňuje natočení jednotlivých symbolů ve vizualizaci, a jakákoliv změna hodnoty tohoto atributu se okamžitě projeví přímo ve vizualizaci.

Posledním úkolem, který bylo u symbolových značek nutné vyřešit, byla jejich velikost. Značky nesměly být příliš malé, nebo naopak příliš velké, aby nepřetékaly ven v rámci komunikace. Samotnou výchozí velikost jednotlivých značek jsem nastavil konstantní hodnotou udávanou v bodech, aby každá ze značek měla odpovídající velikost v poměru s ostatními značkami. Pro zajištění čitelnosti a přehlednosti zobrazení jednotlivých značek v rámci různých měřítek jsem použil funkci změny velikosti na základě měřítka. Nastavil jsem spodní a horní hranici měřítka pro zobrazení symbolů, konkrétně od měřítka 1:100 až po měřítko 1:1000, na základě měřítkového schématu využívaného městem Most. Díky tomuto nastavení se velikost symbolů dynamicky přizpůsobuje aktuálnímu měřítku mapy, jak je znázorněno na obrázku 6.2. V případě, že se měřítko dostane mimo tento rozsah, symboly se skryjí.



Obrázek 6.2: Ukázka vizualizace symbolů. Vybrané vizualizované symboly a změna jejich velikosti na základě aktuálního měřítka mapy.

6.2.2 Linie

Vizualizace liniových prvků byla podstatně jednodušší než vizualizace bodových prvků. Liniové prvky totiž svou podobu vyjadřují již samotným tvarem a průběhem geometrie. Nebylo proto nutné pracovat s připravenými vektorovými obrázky ani řešit jejich případné natočení, čímž odpadla potřeba využití atributově řízené symboliky u této vrstvy. Pro reprezentaci linií nabízí ArcGIS vrstvu čáry, u které bylo nutné zaměřit se především na její symboliku na základě jejího typu, aby bylo možné již na první pohled rozeznat podélnou čáru od přerušované a všech jejích možných variant.

Při samotném stylizování tříd symbolů jednotlivých linií jsem opět vycházel z technických předpisů udávajících šířku, a u přerušovaných čar také rozestupy mezi čarami. Na základě těchto předpisů jsem pro jednotlivé typy čar nastavoval odpovídající hodnotu šířky tak, aby odpovídala nejen předpisům, ale zároveň poměrově ladila s ostatními značkami ve vizualizaci. Pro symboliku přerušovaných čar jsem u vrstvy čáry využil efekt čárkovaná, pomocí něhož jsem nastavil předepsané rozestupy mezi jednotlivými čarami.

Stejně jako u ostatních prvků bylo nutné vyřešit vzhled prvků při změně měřítka mapy. Vzhledem k tomu, že jsem pro reprezentaci čar využíval vrstvu čáry, bylo možné opět aktivovat funkci měřítkem řízené změny velikosti, která u tohoto typu vrstvy umožňuje manipulaci se šířkou čáry. S ohledem na to, že liniové prvky zvýrazňují jednotlivé komunikace a jejich strukturu, jak je možné vidět na obrázku 6.3, rozhodl jsem se nastavit rozsah změny velikosti s horní hranicí zobrazení při měřítku 1:5000 a se stejnou spodní hranicí jako u symbolů, tedy 1:100.



Obrázek 6.3: *Ukázka vizualizace linií.* Vybrané vizualizované linie a změna jejich velikosti na základě aktuálního měřítka mapy.

6.2.3 Parkovací místa

Reprezentace parkovacích míst je řešena pomocí plné čáry, která slouží jako obrys souvislé výplně jednotlivých parkovacích míst. Pomocí barvy obrysu jsou rozlišeny jednotlivé typy parkovišť, jak je možné vidět na obrázku 6.4. V případech, kde je to možné, například u parkovacích míst s omezeným stáním, jsou použity barvy odpovídající reálnému vzhledu značení, v tomto případě modrá. Ostatní typy parkovacích míst jsou v reálném prostředí zvýrazněny jednotně bílou barvou, ve vizualizaci jsou však barevně odlišeny pro snazší identifikaci.

Stejně jako u předchozích vrstev, i zde dochází k reakci na změnu měřítka. Čáry tvořící obrys jednotlivých parkovacích míst mění svou tloušťku při změně měřítka, proto bylo nutné tuto vlastnost korigovat tak, aby šířka čar odpovídala aktuálnímu měřítku a zachovala čitelnost vizualizace.



Obrázek 6.4: Ukázka vizualizace parkovacích míst. Parkovací místa s kolmým stáním a s vyhrazením pro osoby ZTP při různých úrovních měřítka.

6.2.4 Plochy

Plochy jsou vrstvou tvořenou polygony, u kterých však ArcGIS nenabízí tolik možností symbolizace jako například u bodových vrstev. Kupříkladu není možné použít SVG obrázek, který by se jako celek roztáhl přes celý obsah polygonu, což byl můj prvotní záměr při reprezentaci značek, jako jsou autobusové či tramvajové zastávky, u kterých jsem chtěl využít vytvořené vektorové obrázky ve Figmě. Zatímco u předchozích vrstev byl způsob reprezentace značek uvnitř vrstvy jednotný či velmi podobný, u této vrstvy se způsob symboliky liší v závislosti na typu značky.

Pro vizualizaci přechodů a šikmých rovnoběžných čar jsem využil šrafované výplně. K dynamickému natočení těchto prvků jsem použil atributově řízenou symboliku, kdy se rotace určuje na základě hodnoty atributu udávajícího hodnotu natočení. Stejný způsob jsem použil také pro řízení šířky a rozestupů mezi jednotlivými šrafováními. Vzhled výplně se tak mění dynamicky na základě výrazů vytvořených pomocí výrazového jazyka ArcGIS Arcade³. Ukázku výrazu, který ovlivňuje šířku čar podle měřítka, je možné vidět ve výpisu 6.1.

³<https://developers.arcgis.com/arcade/>

```

if ($view.scale > 99 && $view.scale < 120) {
    return 13;
}
else if ($view.scale >= 120 && $view.scale < 150) {
    return 12;
}
else if ($view.scale >= 150 && $view.scale < 175) {
    return 11;
}

```

Výpis 6.1: *Výrazový jazyk ArcGIS Arcade*. Výraz, který dynamicky mění šířku čáry na základě aktuálního měřítka mapy.

Nakonec jsem i v této vrstvě využil své vektorové SVG obrázky, i když odlišným způsobem než byl původní záměr. Pro symboliku značek, jako jsou zastávky, klikaté či zkřížené čáry, křivky, trojúhelníky nebo prostory pro cyklisty, jsem použil kombinaci plné čáry pro zvýraznění obrysu a SVG obrázků. Tyto obrázky byly využity podobně jako u bodových symbolů, avšak v tomto případě neslouží jako jednotlivé symboly, ale opakují se uvnitř polygonů a tvoří jejich výplň, jak je možné vidět u vizualizace autobusové zastávky na obrázku 6.5.



Obrázek 6.5: *Ukázka vizualizace ploch*. Vizualizace autobusové zastávky, přechodů pro chodce a šikmých rovnoběžných čar při různých měřítkách mapy.

6.3 Widget pro otáčení prvků

Požadavek města Most na implementaci tohoto widgetu vznikl v průběhu tvorby samotné vizualizace. Hlavním důvodem byla skutečnost, že se v rámci mé vizualizace VDZ, ale i v již existující vizualizaci SDZ města Most, hojně využívá atributově řízená symbolika, zejména právě pro řízení natočení jednotlivých značení.

V současnosti řeší město Most otáčení symbolů ve své aplikaci Pasporty pomocí vlastního editačního widgetu v prostředí ArcGIS Experience Builder. V rámci tohoto widgetu se hodnota úhlu nastavuje ručně, což není příliš praktické, protože uživatel musí snižovat či zvyšovat hodnotu natočení do doby, než je s úhlem natočení spokojen.

Nově vyvinutý widget byl implementován v jazyce **TypeScript**⁴ s využitím knihovny **React**⁵, která je nativně použita v rámci vývojového prostředí Experience Builderu. Cílem bylo vytvořit nástroj umožňující výběr prvků z mapy a úpravu jejich natočení.

Popis implementace je rozdělen do dvou částí. První část se zaměřuje na konfiguraci widgetu, kde uživatel definuje služby, vrstvy a atributy pro práci s widgetem. Druhá část se věnuje samotné funkční logice widgetu, jako je výběr a zvýraznění prvku, interaktivní otáčení a následně samotné uložení nové hodnoty.

6.3.1 Konfigurační část

Konfigurační rozhraní widgetu se zobrazuje v pravé části prostředí ArcGIS Experience Builderu po jeho výběru. Toto rozhraní je definováno v souboru `setting.tsx`, který implementuje komponentu `Setting`. Uživatelské rozhraní konfigurační části se skládá celkem ze čtyř komponent z knihovny `Jimu UI`⁶:

- **MapWidgetSelector** – Slouží pro výběr mapového widgetu, který bude obsahovat vrstvu s prvky, se kterými bude widget interagovat.
- **DataSourceSelector** – Umožňuje uživateli vybrat jeden nebo více datových zdrojů, s nimiž bude widget pracovat.
- **MultiSelect** – Na základě vybraných datových zdrojů (služeb) umožňuje výběr konkrétních vrstev pro práci s widgetem.
- **FieldSelector** – Umožňuje zvolit atribut pro otáčení pro každou z vybraných vrstev.

Výběr vrstev

V první řadě musí uživatel zvolit datové služby. Komponenta `DataSourceSelector` je nakonfigurována tak, aby umožňovala výběr více služeb, přičemž vždy musí být vybrána alespoň jedna. Po provedení výběru je volána funkce `processFeatureLayers`, která ze zvolených služeb načte jednotlivé vrstvy (v mém případě například plochy nebo linie). Tyto vrstvy jsou společně s jejich potřebnými metadaty uloženy do konfigurace widgetu.

Pro výběr konkrétních vrstev je využita komponenta `MultiSelect`, která načítá z konfigurace všechny dostupné vrstvy. Uživatel si z tohoto seznamu může zvolit libovolný počet vrstev, jak je ukázáno na obrázku 6.6. Seznam vybraných vrstev spolu s jejich metadaty je uložen do konfigurace widgetu pro následné zpracování.

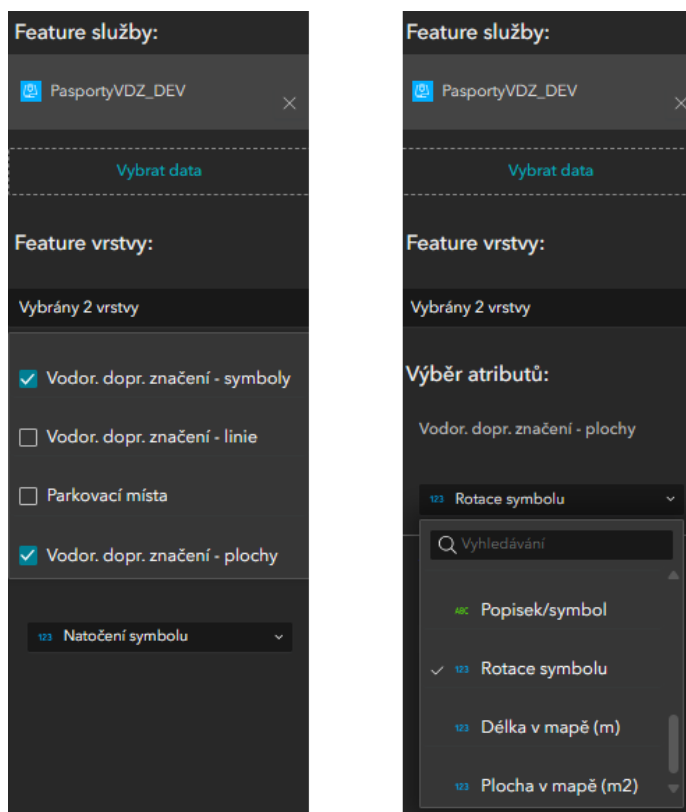
⁴<https://www.typescriptlang.org/>

⁵<https://react.dev/>

⁶<https://developers.arcgis.com/experience-builder/api-reference/jimu-ui/>

Výběr atributů

Výběr atributů zajišťuje funkce `createFieldSelectors`, která pro každou z vybraných vrstev vygeneruje samostatnou komponentu `FieldSelector`. Pomocí této komponenty může uživatel pro konkrétní vrstvu zvolit atribut pro otáčení, jak znázorňuje obrázek 6.6. Dostupné atributy pro jednotlivé vrstvy jsou získávány z konfigurace widgetu na základě dříve uložených metadat. Vybrané atributy jsou následně společně s identifikátorem odpovídající vrstvy uloženy do konfigurace widgetu pro další využití v implementaci widgetu.



Obrázek 6.6: Konfigurační část widgetu. Vlevo: výběr vrstev z datové služby pomocí komponenty `MultiSelect`. Vpravo: výběr atributu pro otáčení pomocí komponenty `FieldSelector`.

6.3.2 Funkční část

Funkční část widgetu je zodpovědná za chování widgetu v rámci mapové aplikace. Tato část je implementována v souboru `widget.tsx`, kde se nachází hlavní React komponenta. Její základní funkcionalitou je identifikace prvku v mapě, interaktivní úprava jeho natočení, uložení nové hodnoty do příslušného atributu a následná aktualizace zobrazení v mapě i ve zdrojových datech.

Identifikace prvků

Prvním krokem při práci s widgetem je identifikace prvku, na který uživatel klikne v mapě. Tuto funkcionalitu zajišťuje funkce `clickDetector`, která při události typu `click` začne zpracovávat interakci uživatele. Po kliknutí do mapy se nejprve získá pole identifikátorů jednotlivých vrstev, které byly vybrány v rámci konfigurace.

Samotná identifikace je realizována pomocí metody `identify` z knihovny `ArcGIS Maps SDK for JavaScript`⁷. Tato funkce provádí identifikační dotaz na vrstvy mapové služby publikované prostřednictvím `ArcGIS Server REST API`⁸. Parametry dotazu jsou nastaveny třídou `IdentifyParameters`, které je jako jeden z parametrů předáno pole identifikátorů vybraných vrstev. Výsledkem dotazu je pole objektů obsahujících informace o nalezených prvcích, včetně jejich geometrie a atributů. Pokud pole není prázdné, byl prvek úspěšně identifikován a je možné s ním dále pracovat. Pokud je však pole prázdné, znamená to, že zvolený prvek buď není součástí žádné z vybraných vrstev, nebo se vůbec o prvek nejedná.

Grafická vrstva

Prvek, který byl úspěšně vybrán a identifikován, je následně graficky zvýrazněn pomocí funkce `highlightSymbol`. Tato funkce na základě geometrie prvku určí způsob jeho zvýraznění. Body nejsou nijak zvýrazněny, protože jsou reprezentovány SVG obrázky, které nelze zvýraznit. Linie jsou zvýrazněny červenou výplní a polygony červeným obrysem, jak je znázorněno na obrázku 6.7.

Po zvýraznění vybraného prvku je pomocí funkce `getSymbolsLayer` do stavu widgetu uložen vybraný symbol společně s názvem a hodnotou atributu z konfigurace. Pokud pro danou vrstvu není atribut zvolen, zůstane pouze u grafického zvýraznění prvku. V opačném případě se provede funkce `createRotator`, která vytvoří rotační grafiku umožňující interaktivní změnu natočení prvku. Rotační grafika se skládá ze šipky znázorňující směr natočení, která je umístěná ve středu pomocného kruhu. Tento kruh představuje oblast, na kterou lze kliknout a tažením měnit úhel natočení, jak je možné vidět na obrázku 6.7.



Obrázek 6.7: *Rotační grafika widgetu.* Zvýrazněný vybraný prvek (polygon) červeným obrysem a rotátor složený z červené šipky udávající směr a pomocného kruhu pro řízení otáčení.

Otáčení prvků

Proces otáčení začíná kliknutím na rotační grafiku nebo zvýrazněnou oblast prvku. Tím dojde k aktivaci rotačního módu, který zůstává aktivní až do doby uvolnění tlačítka myši. Princip otáčení je založen na události *pointer-move*, která reaguje na každý pohyb kurzoru. V rámci této události je volána funkce `calculateAngle`, jejímž úkolem je vypočítat úhel mezi středem směrové šipky a aktuální pozicí kurzoru. Tento úhel je následně použit k vykreslení aktuálního směru šipky a k uložení aktualizované hodnoty natočení do zvoleného atributu.

⁷<https://developers.arcgis.com/javascript/latest/>

⁸<https://developers.arcgis.com/rest/>

Uložení aktualizované hodnoty

Funkce `saveRotation` zajišťuje zápis aktualizované hodnoty úhlu rotace zpět do příslušné datové služby. Nejprve získá všechny potřebné údaje o vybraném prvku, konkrétně identifikátor vrstvy, název atributu pro uložení a hodnotu identifikátoru prvku. Následně sestaví aktualizovaný objekt typu `Graphic`⁹, do kterého nastaví hodnotu identifikátoru prvku a aktualizovanou hodnotu atributu. Tento objekt je poté předán metodě `applyEdits`¹⁰, která provede zápis změn na příslušný server.

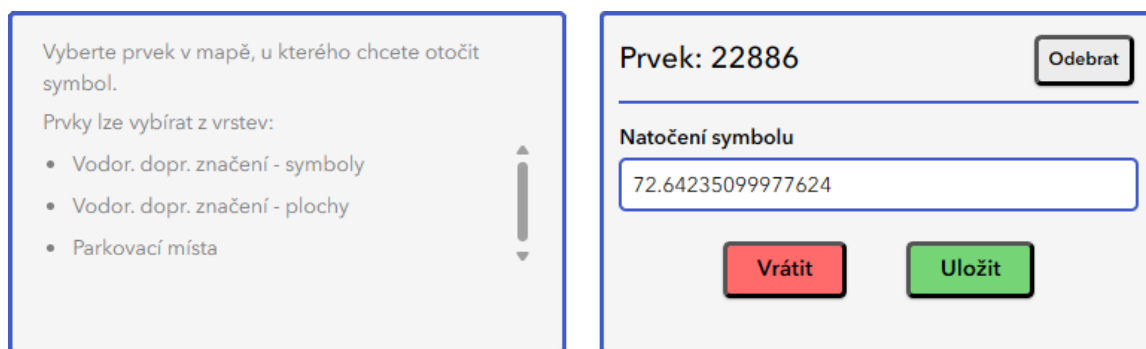
Uživatel je o úspěšném či neúspěšném průběhu uložení informován pomocí vyskakovacího okna. V případě úspěšného uložení dojde k odebrání aktuálního výběru, skrytí zvýraznění prvku, odebrání rotační grafiky a obnovení vrstvy, aby se změna úhlu natočení okamžitě projevila i vizuálně.

Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní widgetu je tvořeno jedním oknem a je navrženo tak, aby bylo co nejvíce uživatelsky přívětivé, přehledné a snadno ovladatelné. Před prvním použitím widgetu je uživatel vyzván k výběru některého z prvků, jak je znázorněno na obrázku 6.8.

Po kliknutí na prvek se v horní části widgetu zobrazí jeho identifikátor, jak je možné vidět na obrázku 6.8. Současně se v hlavní části widgetu zobrazí vybraný atribut dané vrstvy včetně jeho aktuální hodnoty, která se interaktivně mění při změně natočení prvku. Pro práci s widgetem jsou k dispozici tři tlačítka:

- **Odebrat** – Odebere aktuálně vybraný prvek, čímž se widget přepne do výchozího stavu, jako by žádný prvek nebyl vybrán. Tato funkce je užitečná zejména ve chvíli, kdy je součástí aplikace více widgetů pracujících s výběry prvků v mapě.
- **Vrátit** – Toto tlačítko se zobrazí ve chvíli, kdy uživatel změní natočení prvku oproti hodnotě uložené v datové službě. Po jeho stisknutí se poloha rotační grafiky nastaví zpět do původního stavu.
- **Uložit** – Spustí proces zápisu nové hodnoty úhlu natočení daného prvku.



Obrázek 6.8: *Uživatelské rozhraní widgetu.* Vlevo: výchozí stav widgetu před výběrem prvku. Vpravo: hlavní část widgetu zobrazující identifikátor prvku, hodnotu atributu a tlačítka pro odebrání výběru, vrácení rotace a uložení.

⁹<https://developers.arcgis.com/javascript/latest/api-reference/esri-Graphic.html>

¹⁰<https://developers.arcgis.com/rest/services-reference/enterprise/apply-edits-feature-service/>

Kapitola 7

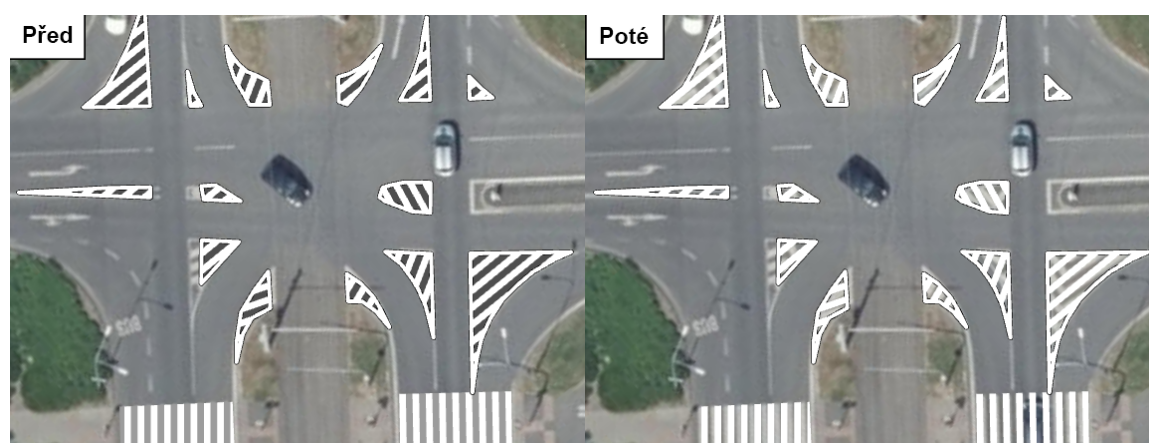
Testování

Tato kapitola se zaměřuje na popis procesu testování implementace. Testování je nedílnou součástí každého vývojového procesu a jeho cílem je odhalit a minimalizovat potenciální chyby na straně implementace. V rámci této kapitoly bude popsán proces testování jak samotné vizualizace vodorovného dopravního značení, tak také widgetu pro otáčení prvků.

Vzhledem k tomu, že bakalářská práce byla realizována ve spolupráci s městem Most, byl proces testování výrazně usnadněn možností průběžných konzultací s odpovědnou osobou. Díky tomu bylo možné ověřovat provedené změny a přizpůsobovat implementaci konkrétním požadavkům na základě poskytnuté zpětné vazby.

7.1 Vizualizace

Vizualizace spočívala především v grafickém ztvárnění dopravních značek. Testování se proto zaměřovalo převážně na ověření grafického zpracování. První verze vizualizace byla prezentována odpovědné osobě. Na základě její zpětné vazby bylo nutné vyřešit připomínku týkající se odstranění pozadí u polygonových značek, aby jejich výsledná podoba působila realističtěji. Provedenou úpravu je možné vidět na obrázku 7.1. Zároveň bylo během testování identifikováno, že je vhodné snížit náročnost změny velikosti značek v závislosti na měřítku mapy, aby bylo zajištěno plynulejší načítání prvků v rámci aplikace.



Obrázek 7.1: Změna vizualizace na základě testování.

7.2 Widget

U widgetu probíhalo testování funkčnosti i uživatelského rozhraní v rámci jeho konfigurační a funkční části. Vzhledem k tomu, že již na začátku vývoje bylo přesně definováno, jaké požadavky má widget splňovat a jak má fungovat, byl celý proces testování výrazně zjednodušen a urychlen.

7.2.1 Konfigurační část

Konfigurační část widgetu, včetně její funkční části i uživatelského rozhraní, byla prezentována odpovědné osobě, která ji na základě zpětné vazby zhodnotila jako povedenou, bez potřeby dalších úprav.

7.2.2 Funkční část

Funkční část, která tvoří hlavní logiku widgetu, společně s uživatelským rozhraním pro jeho ovládání, byla po úspěšné implementaci a splnění všech základních požadavků prezentována odpovědné osobě, včetně praktické ukázky práce s widgetem. Na základě zpětné vazby byly identifikovány určité nedostatky jak ve funkcionalitě, tak v uživatelském rozhraní widgetu, které bylo nutné odstranit.

Funkcionalita

Na základě testování a poskytnuté zpětné vazby byly stanoveny nové požadavky na funkcionalitu widgetu. Konkrétně bylo nutné doplnit následující funkce:

- **Vrátit** – Funkce, která by měla uživateli umožnit vrátit úhel natočení v rámci rotační grafiky na jeho původní, naposledy uloženou hodnotu.
- **Odebrat** – Funkcionalita, která by měla umožnit odebrat aktuálně vybraný prvek mapy z výběru. Tato funkce by měla následně najít uplatnění ve chvíli, kdy by byl widget součástí aplikace, která obsahuje i jiné widgety pracující na principu výběru prvků z mapy, tak aby nedocházelo ke konfliktům v rámci výběru.

Obě tyto funkce byly úspěšně implementovány a tvoří plnohodnotnou součást výsledné funkcionality widgetu.

Uživatelské rozhraní

Testování a následná zpětná vazba odhalily chyby a nedostatky v rámci uživatelského rozhraní, které nevytvářelo dostatečně přívětivý dojem pro uživatele. Konkrétně bylo potřeba vyřešit následující problémy a požadavky:

- **Návodný text** – Pokud není aktuálně vybraný žádný prvek, mělo by se v těle widgetu zobrazit návodné sdělení vyzývající uživatele k výběru prvku, aby mohl s widgetem vůbec pracovat.
- **Aktuální hodnota natočení** – V rámci těla widgetu by se měla namísto uložené hodnoty zvoleného atributu zobrazovat aktuální hodnota natočení rotátoru, aby měl uživatel přehled o právě nastaveném úhlu.

- **Kompatibilita napříč prohlížeči** – Při testování byl objeven problém, kdy se rotační grafika nezobrazovala správně v jednom z webových prohlížečů.
- **Pozice vyskakovacího okna** – Při ukládání docházelo k zobrazení vyskakovacího okna informujícího o výsledku operace uložení. Pozice tohoto okna by měla být uvnitř těla widgetu, nikoliv mimo něj, aby bylo zajištěno, že bude v každém rozložení aplikace viditelné.

Všechny tyto požadavky a nedostatky byly úspěšně zpracovány a otestovány v dalších verzích widgetu, stejně jako další drobné vizuální změny. Rozdíl mezi první a poslední verzí uživatelského rozhraní widgetu je znázorněn na obrázku 7.2.

Obrázek 7.2 ukazuje dva verze uživatelského rozhraní widgetu. Vlevo je původní verze, která má šedé pozadí a obsahuje text 'Objekt: 208', 'Natočení symbolu' a textové pole s hodnotou '68.55652905'. Pod polem je tlačítko 'Uložit'. Vpravo je aktuální verze, která má šedé pozadí a obsahuje text 'Prvek: 22886' a tlačítko 'Odebrat'. Pod tím je 'Natočení symbolu' a textové pole s hodnotou '61.3470181679783'. Pod polem jsou dvě tlačítka: 'Vrátit' (červené) a 'Uložit' (zelené).

Obrázek 7.2: Změna uživatelského rozhraní widgetu na základě testování. Vlevo: původní verze uživatelského rozhraní widgetu. Vpravo: aktuální verze uživatelského rozhraní widgetu.

Kapitola 8

Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit vizualizaci vodorovného dopravního značení města Most a widget pro otáčení prvků. Vizualizace byla vytvořena v softwaru ArcGIS Pro a společně s widgetem, vyvinutým pomocí technologií React a TypeScript, tvoří součást aplikace v prostředí ArcGIS Experience Builder.

Nejprve bylo nezbytné prostudovat zákon o silničním provozu, zejména pak typy, způsoby provedení a umístění dopravního značení. Zároveň bylo nutné se seznámit s procesem digitalizace dopravního značení a provést průzkum existujících řešení, včetně následné analýzy dostupných vizualizací. Pro práci s geografickými informačními systémy bylo důležité prostudovat jejich principy a seznámit se s prostředím ArcGIS Pro.

Před zahájením návrhu a samotné implementace byla provedena analýza problémů existujících řešení a současně byly definovány technické i uživatelské požadavky na řešení. Na základě těchto poznatků bylo možné přejít k návrhu a následné implementaci řešení.

Celý vývoj byl průběžně a pravidelně konzultován s odpovědnou osobou a veškeré její požadavky byly v rámci řešení zohledněny. Výsledná aplikace zobrazuje vytvořenou vizualizaci vodorovného dopravního značení v prostředí ArcGIS Experience Builder. Součástí aplikace je také implementovaný widget pro otáčení prvků, který umožňuje v rámci své konfigurace nastavit vrstvy a atributy, se kterými má pracovat. Uživatel může prvky této vrstvy interaktivně otáčet a uložit úhel natočení do zvoleného atributu.

Budoucí vývoj by se mohl zaměřit na snížení časových prodlev při vykreslování značek, které jsou ovlivněny počtem značek, ale i procesem, kdy se velikost jednotlivých značek při vykreslování přizpůsobuje aktuálnímu měřítku mapy. V rámci widgetu by se v budoucnu dalo rovněž uvažovat o přidání dalších funkcionalit, případně o vývoji dalších separátních widgetů, které by rozšířily možnosti správy dopravního značení v rámci aplikace.

Vizualizace bude v blízké budoucnosti společně s widgetem nasazena do již existující aplikace Pasporty města Most, která již nyní zahrnuje i další vizualizace, například vizualizaci svislého dopravního značení. V rámci této aplikace poskytne vizualizace městu přehledný a interaktivní nástroj pro správu vodorovného dopravního značení. Nově vyvinutý widget pro otáčení prvků bude integrován mezi stávající widgety aplikace a umožní interaktivní otáčení prvků přímo v mapě, čímž nahradí dosavadní způsob ručního zadávání hodnoty úhlu natočení. Kombinace vizualizace a widgetu tak výrazně přispěje ke zjednodušení správy a údržby dopravního značení i celkovému zefektivnění pracovních procesů města Most.

Literatura

- [1] ARCDATA PRAHA. ArcGIS Pro. *ARCDATA PRAHA* online. 2023. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/arcgis/arcgis-pro/prehled>. [cit. 2024-11-13].
- [2] AXIS MAPS. The Basics of Data Classification. *Axis Maps* online. 2020. Dostupné z: <https://www.axismaps.com/guide/data-classification>. [cit. 2025-01-13].
- [3] BARTÁK, P. Historie dopravního značení: Jak se značky vyvíjely? *Auto.cz* online. 26. ledna 2019 09:41. Dostupné z: <https://www.auto.cz/historie-dopravniho-znaceni-jak-se-znacky-vyvijely-127235>. [cit. 2024-09-25]. Path: Auto.cz; Novinky.
- [4] BUREŠ, P. *NDIC – DATEX II VMS Publication — Proměnné dopravní značení* online. Specifikace datového formátu, 1.1. Národní dopravní informační centrum, srpen 2023. Dostupné z: https://registr.dopravniinfo.cz/docs/x-format/cz-ndic_d2-vms-v1.1-cs.pdf. [cit. 2024-12-13].
- [5] BUREŠ, P. *NDIC – DATEX II VMS Table Publication — Proměnné dopravní značení* online. Specifikace datového formátu, 1.1. Národní dopravní informační centrum, srpen 2023. Dostupné z: https://registr.dopravniinfo.cz/docs/x-format/cz-ndic_d2-vms-table-v1.1-cs.pdf. [cit. 2024-12-13].
- [6] BURGGRAF, D.; MCCLENDON, B.; WEISS MALIK, M.; ASKAY, S.; COLAIACOMO, L. et al. *OGC KML 2.3* online. OGC® Implementation Standard, 1.0. Editoval David BURGGRAF. Open Geospatial Consortium, srpen 2015. Dostupné z: <http://docs.opengeospatial.org/is/12-007r2/12-007r2.html>. [cit. 2024-10-16].
- [7] BURROUGH, P. A. a McDONNELL, R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. 2. vyd. Oxford: Oxford University Press, duben 1998. Spatial information systems and geostatistics. ISBN 978-0198233657.
- [8] BUTLER, H.; DALY, M.; DOYLE, A.; GILLIES, S.; SCHAUB, T. et al. *The GeoJSON Format* RFC 7946. RFC Editor, srpen 2016. Dostupné z: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc7946>.
- [9] CAMPBELL, J. E. a SHIN, M. *Geographic Information System Basics* online. 1. vyd. Prosinec 2012. Dostupné z: <https://2012books.lardbucket.org/books/geographic-information-system-basics/>. [cit. 2024-10-06].

- [10] CHANG, K.-T. *Introduction to Geographic Information Systems*. 9. vyd. New York: McGraw-Hill Education, leden 2018. ISBN 978-1-259-92964-9.
- [11] GEOINFOTECH 1. 3D GIS: From Visualization to Analysis. *Geoinfotech* online. 2. října 2024. Dostupné z: <https://geoinfotech.ng/3d-gis-from-visualization-to-analysis/>. [cit. 2024-12-20].
- [12] LAHMYED, R.; ANSARI, M. E. a KERKAOU, Z. Automatic road sign detection and recognition based on neural network. *Soft Computing*. Berlin, Heidelberg: Springer, Únor 2022, sv. 26, č. 4, s. 1743–1764. ISSN 1432-7643.
- [13] MACEACHREN, A. M. a KRAAK, M.-J. Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science* online. Taylor & Francis, Leden 2001, sv. 28, č. 1, s. 3–12. ISSN 1545-0465. Dostupné z: <https://doi.org/10.1559/152304001782173970>. [cit. 2024-10-04].
- [14] MAHAMMAD, S. S. a RAMAKRISHNAN, R. GeoTIFF – A standard image file format for GIS applications. *Geospatial World* online. 1. září 2009. Dostupné z: <https://geospatialworld.net/article/geotiff-a-standard-image-file-format-for-gis-applications/>. [cit. 2024-10-16]. Path: Home; Articles; GeoTIFF – A standard image file format for GIS applications.
- [15] MAMMERI, A.; BOUKERCHE, A. a ALMULLA, M. Design of traffic sign detection, recognition, and transmission systems for smart vehicles. *IEEE Wireless Communications* online. IEEE, Prosinec 2013, sv. 20, č. 6, s. 36–43. ISSN 1558-0687. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/MWC.2013.6704472>. [cit. 2024-11-25].
- [16] MCGEE, H. W. a PANIATI, J. A. *An Implementation Guide for Minimum Retroreflectivity Requirements for Traffic Signs*. Final Report. United States: Federal Highway Administration, duben 1998.
- [17] MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. Změna dopravního značení. *Ministerstvo dopravy ČR* online. 24. září 2020 08:00. Dostupné z: <https://md.gov.cz/Zivotni-situace/Pozemni-komunikace/Dopravni-znacení>. [cit. 2024-09-25].
- [18] NÖLLENBURG, M. Geographic Visualization. In: KERREN, A.; EBERT, A. a MEYER, J., ed. *Human-Centered Visualization Environments: GI-Dagstuhl Research Seminar, Dagstuhl Castle, Germany, March 5-8, 2006, Revised Lectures*. Berlin, Heidelberg: Springer, červenec 2007, sv. 4417, kap. 6, s. 257–294. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3540719489.
- [19] PAJORSKA, Z. The Only List of GIS File Formats You Need. *Stratoflow* online. 16. května 2023. Dostupné z: <https://stratoflow.com/gis-file-formats/>. [cit. 2024-10-15].
- [20] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Vídeňská úmluva o dopravních značkách a signálech. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* online. 9. dubna 2022 19:42. Revidováno 11. 12. 2023. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%ADde%C5%88sk%C3%A1_%C3%BAmuva_o_dopravn%C3%ADch_zna%C4%8Dk%C3%A1ch_a_sign%C3%A1lech. [cit. 2024-09-25].

- [21] ROTH, R. E. Dot density maps. In: WARF, B., ed. *Encyclopedia of Geography*. Thousand Oaks, California: Sage Publications, 2010, s. 787–790. ISBN 978-1-4129-5697-0.
- [22] ROUTU, R. ArcGIS Pro vs QGIS : Everything you need to know. *Medium: Read and write stories* online. 13. září 2023. Dostupné z: <https://rutwikroutu.medium.com/arcgis-pro-vs-qgis-everything-you-need-to-know-8c9fe0aba19c>. [cit. 2024-11-13].
- [23] TABLEAU SOFTWARE. A Guide To Geospatial Visualizations. *Tableau: Business Intelligence and Analytics Software* online. Dostupné z: <https://www.tableau.com/visualization/what-is-geospatial-visualization>. [cit. 2024-10-04]. Path: Data Insights; Reference library; Visual Analytics; Geospatial Visualizations.
- [24] ČESKO. *Vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích*.
- [25] ČESKO. *Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)*.
- [26] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. Otázky a odpovědi. *Národní registr dopravních informací České republiky* online. 2015. Dostupné z: <https://registr.dopravniinfo.cz/cs/about/faq/>. [cit. 2024-12-17]. Path: Docs; O aplikaci; Otázky a odpovědi.
- [27] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Celostátní sčítání dopravy 2020* online. 2020. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/web/guest/silnice-a-dalnice/scitani-dopravy#zalozka-celostatni-scitani-dopravy-2020>. [cit. 2024-09-24].