

Inštitút dopravnej politiky

Ministerstvo dopravy SR / www.mindop.sk/idp / idp@mindop.sk

IDP Interactive

**Interaktívna aplikácia
s vizualizáciami dopravných údajov**

Október 2023

Manuál 2023/1

Abstrakt

Materiál je sprievodným manuálom k on-line [aplikácii](#) IDP Interactive (IDP, 2023). Cieľom aplikácie je zverejňovanie údajov o doprave a ich prezentácia grafickou a interaktívnou formou. Užívateľ môže vizuálne prehliadať ukazovatele sektora dopravy, zvoliť z viacerých typov zobrazení a exportovať ich v tabuľkovej i grafickej forme. Manuál popisuje prostredie a ovládacie prvky aplikácie, postup pri exporte údajov, ich zdroje a metódy spracovania.

Autori

Lukáš Kováč lukas.kovac@mindop.sk

Pod'akovanie

Ďakujem recenzentom štúdie Danielovi Bucovi a Martinovi Šípekovi za hodnotné pripomienky a spätnú väzbu. Súčasne ďakujem Slovenskej správe ciest (SSC), Železniciam Slovenskej republiky (ŽSR), Geodetickému a kartografickému ústavu (GKÚ), Ministerstvu vnútra SR, Ministerstvu financií SR, Ministerstvu zdravotníctva SR a Štatistickému úradu SR (ŠÚSR) za poskytnutie cenných údajov.

Upozornenie

Materiál prezentuje názory autora a Inštitútu dopravnej politiky, ktoré nemusia byť totožné s názormi Ministerstva dopravy SR. Citovanie materiálu by malo preto odkazovať na Inštitút dopravnej politiky, nie na Ministerstvo dopravy SR.

Obsah

Úvod.....	3
1. Prostredie aplikácie.....	4
1.1. Štatistiky.....	4
1.2. Vizualizácie.....	5
1.3. Mobilita.....	6
1.4. Animácie.....	8
1.5. Dostupnosti.....	9
1.6. Vlaky	11
1.7. Zdroje.....	12
2. Export údajov.....	12
2.1. Mapy.....	12
2.2. Grafy.....	13
2.3. Dáta	14
3. Pôvod a tvorba databáz	14
3.1. Infraštruktúra	14
3.2. Demografia.....	15
3.3. Mobilita.....	15
3.4. Dostupnosti.....	17
3.5. Časové rady.....	18
3.6. Poloha vlakov	18
4. Pozadie aplikácie	18
4.1. Výpočtové prostredie.....	18
4.2. Server.....	19
Záver.....	20
Referencie	21

Úvod

Zberateľmi údajov o odvetví dopravy sú mnohé inštitúcie naprieč všetkými úrovňami štátnej správy od obcí cez vyššie územné celky (VÚC) až po ministerstvá a ich podriadené organizácie. Prevod dát medzi inštitúciami viazne a neexistuje centrálny orgán, ktorý by dáta o doprave zhromažďoval.

Spracovanie a správa údajov vyžadujú dodatočné ľudské zdroje s kvalifikáciou, ktorými najmä menšie územné celky a organizácie nedisponujú. Dáta sú tak často v nedostatočnej kvalite a kompletnosti a končia nevyužité a zabudnuté.

Nedostatok dát obmedzuje možnosti efektívneho plánovania a cielenia investícií. Rozhodovanie je následne uskutočňované pomocou odborných odhadov a politických preferencií. Nízky dopyt po dátach vedie k zníženiu zdrojov na ich získavanie a ďalší pokles ich kvality a objemu.

IDP sa snaží začarovaný kruh prerušiť zbieraním, čistením a spracovávaním dát z rozmanitých zdrojov (Kapitola 3) a ich poskytovaním odbornej i širokej verejnosti. Zbierané dáta prezentujeme pomocou IDP Interactive (IDP, 2023) – interaktívnej aplikácie, ktorá slúži na zobrazenie (Kapitola 1) a export údajov (Kapitola 2). Prehľadávaním a spoznávaním dát hravou formou chceme motivovať odborníkov i laikov k ich využívaniu a zodpovedným osobám pomôcť pri rozhodovaniach s najväčším prínosom pre spoločnosť. Aplikácia ponúka kvalitné grafické výstupy vhodné na priame využitie v prezentáciách a publikáciách.

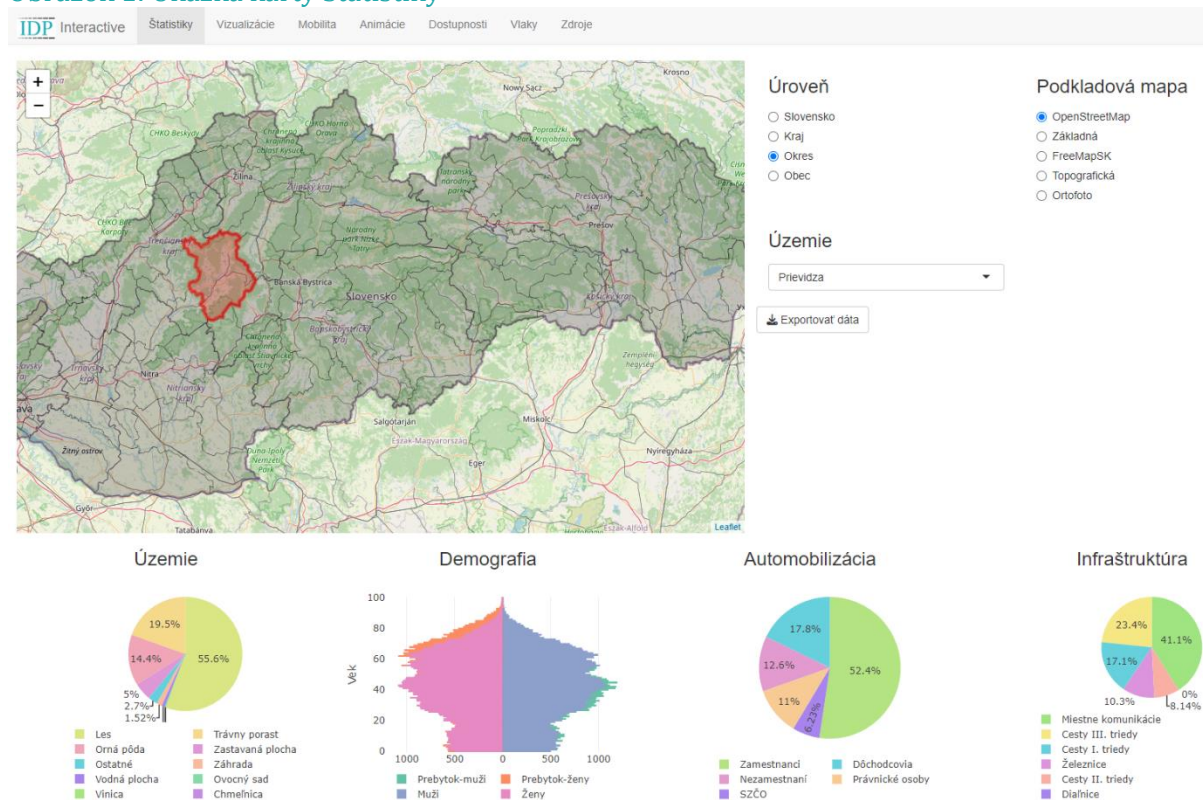
1. Prostredie aplikácie

Aplikácia sa skladá z viacerých kariet, ktoré prezentujú rôzne typy údajov a ich vizualizácie pomocou grafov, animácií, či interaktívnych máp. Karty sú vždy zložené z bočného panela na selekciu údajov a z hlavného panela na zobrazovanie údajov. Dáta sú čiastočne sťahovateľné priamo v aplikácii. Ich zdroj, posledný rok aktualizácie a krátky popis sa nachádza v karte Zdroje.

1.1. Štatistiky

Karta Štatistiky obsahuje prierezové údaje o zvolenom území. K dispozícii sú dáta o demografii, území, infraštruktúre, automobilizácii a iných charakteristikách obyvateľstva (Obrázok 1). Štatistiky je možné zobrazovať na základe rôzneho členenia územia, až na úroveň obcí.

Obrázok 1: Ukážka karty Štatistiky

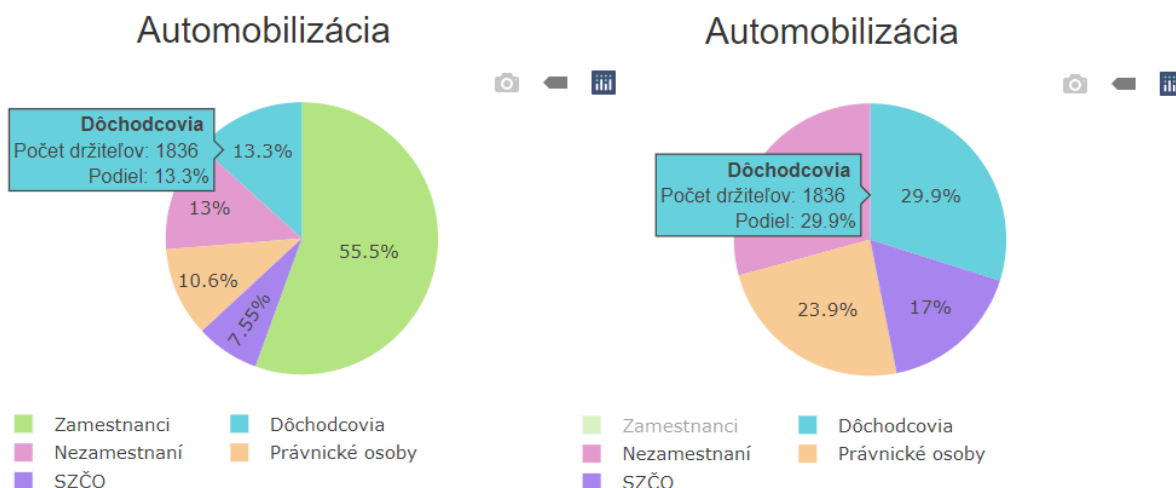


Územie vyberte kliknutím na mapu alebo zvolením zo zoznamu¹. Na výber sú viaceré podkladové mapy. Mapu priblížite pomocou kolieska na myši, dvojklikom ľavého tlačidla alebo kliknutím na tlačidlo “+” v ľavom hornom rohu. Mapu obdobne oddialite podržaním klávesy “Shift” a dvojklikom alebo stlačením tlačidla “-“. Posúvanie po mape je možné podržaním ľavého tlačidla myši.

Zobrazené grafy sú interaktívne, po podržaní kurzora nad výsekou grafu sa zobrazia údaje o premennej, prípadne popis a absolútne a relatívne hodnoty. Kategórie je možné z grafu odfiltrovať po kliknutí na položku v legende (Obrázok 2).

¹ Pre vyhľadanie v zozname stlačte najprv tlačidlo „Backspace“, až potom začnite písať názov územia.

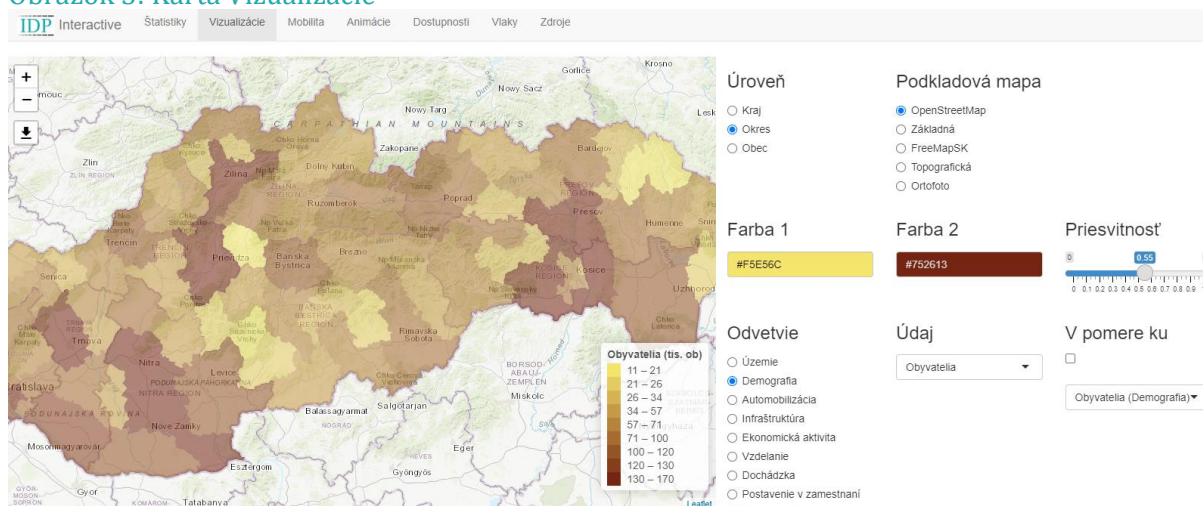
Obrázok 2: Interaktívne grafy



1.2. Vizualizácie

Karta vizualizácie umožňuje údaje o území zobraziť na mape pomocou voliteľnej farebnej škály. Podobne ako na karte Štatistiky je možné zmeniť podkladovú mapu a členenie územia. Viditeľnosť podkladovej mapy je upravovaná pomocou priesvitnosti (Obrázok 3).

Obrázok 3: Karta Vizualizácie

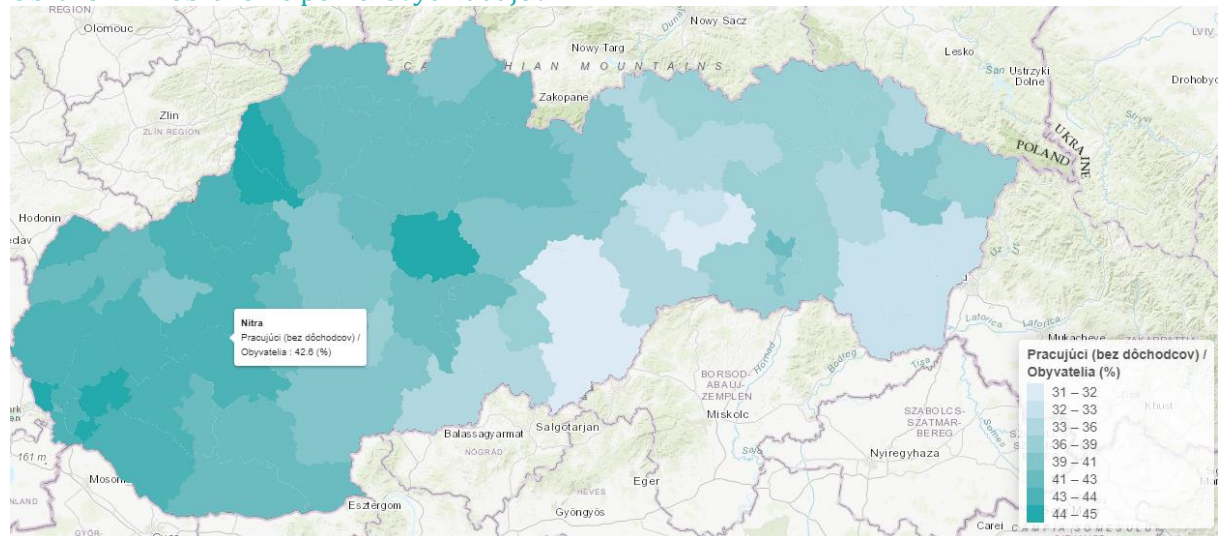


Po zvolení odvetvia vyberte údaj, ktorý chcete znázorniť na mape. Podržaním kurzora nad územím zobrazíte názov územia a hodnotu premennej. Relatívne údaje vyobrazíte zaškrtnutím políčka "V pomere ku" a vyhladaním relatívneho údaju². Legenda je automaticky aktualizovaná a v prípade rovnakých jednotiek sú údaje vyčíslené v percentách³ (Obrázok 4).

² Pre vyhládanie v zozname stlačte najprv tlačidlo „Backspace“, až potom začnite písať názov ukazovateľa.

³ Prípadne v promile.

Obrázok 4: Zobrazenie pomerových údajov



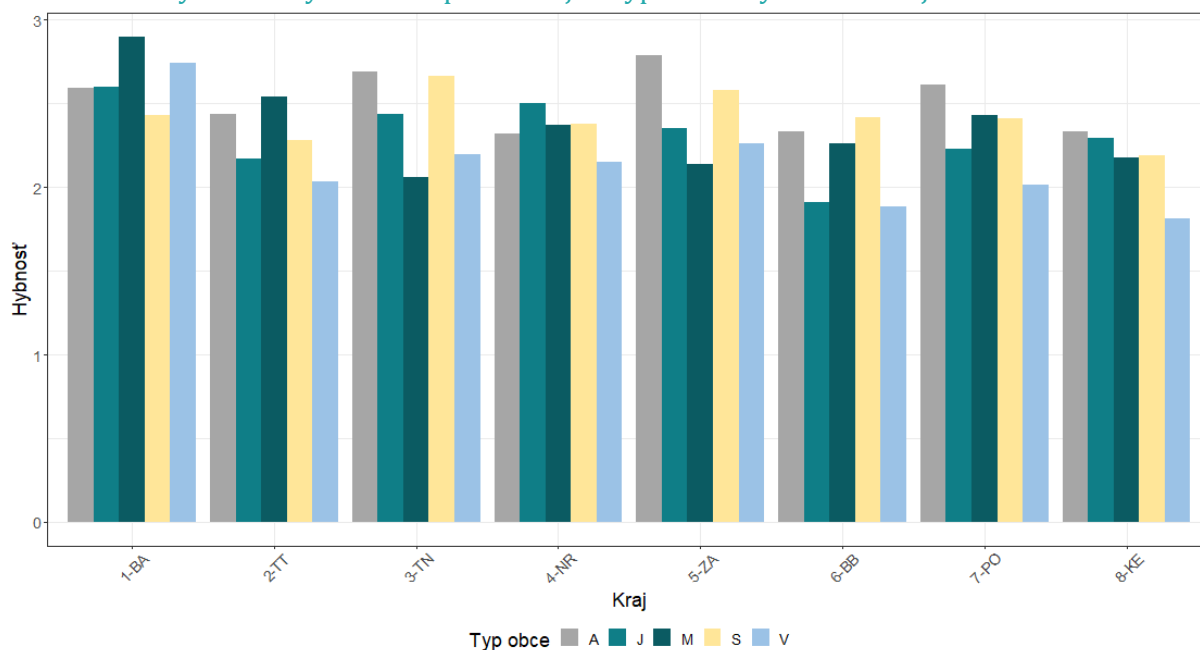
1.3. Mobilita

Karta Mobilita prezentuje údaje z celoslovenského prieskumu mobility. Po zvolení aspoň jednej charakteristiky cestujúceho alebo parametra cesty je možné znázorniť rôzne ukazovatele mobilitného správania:

- Hybnosť – priemerný počet ciest vykonaný za deň
- Priemerná dĺžka cesty
- Podiel ciest – percentuálny pomer vykonaných ciest
- Prepravný výkon – percentuálny pomer precestovaných kilometrov
- Dĺžková a časová distribúcia ciest – pravdepodobnostné rozdelenie početnosti ciest podľa dĺžky/trvania cesty formou funkcie hustoty alebo kumulatívnej distribučnej funkcie.

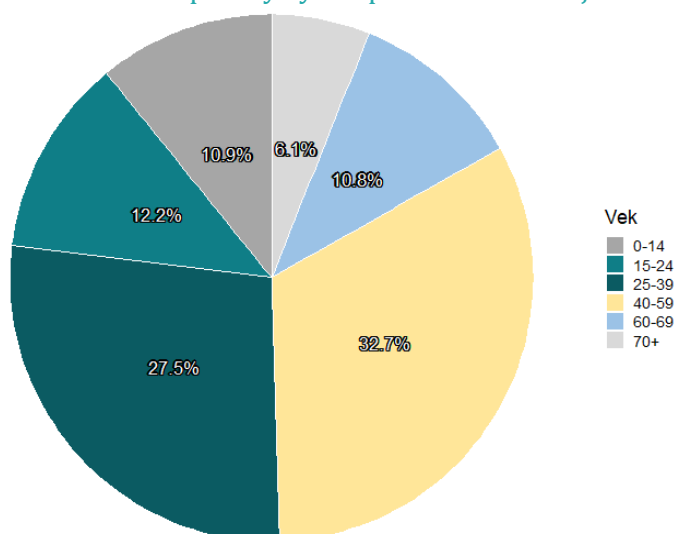
Každý z ukazovateľov je prezentovaný vlastným typom grafu. Hybnosti a priemerné dĺžky ciest sú znázornené stĺpcovými grafmi s hodnotami na y-ovej osi a kategóriami na x-ovej osi prípadne na farebnej škále (Obrázok 5).

Obrázok 5: Hybnosť obyvateľstva podľa kraja a typu obce bydliska cestujúceho



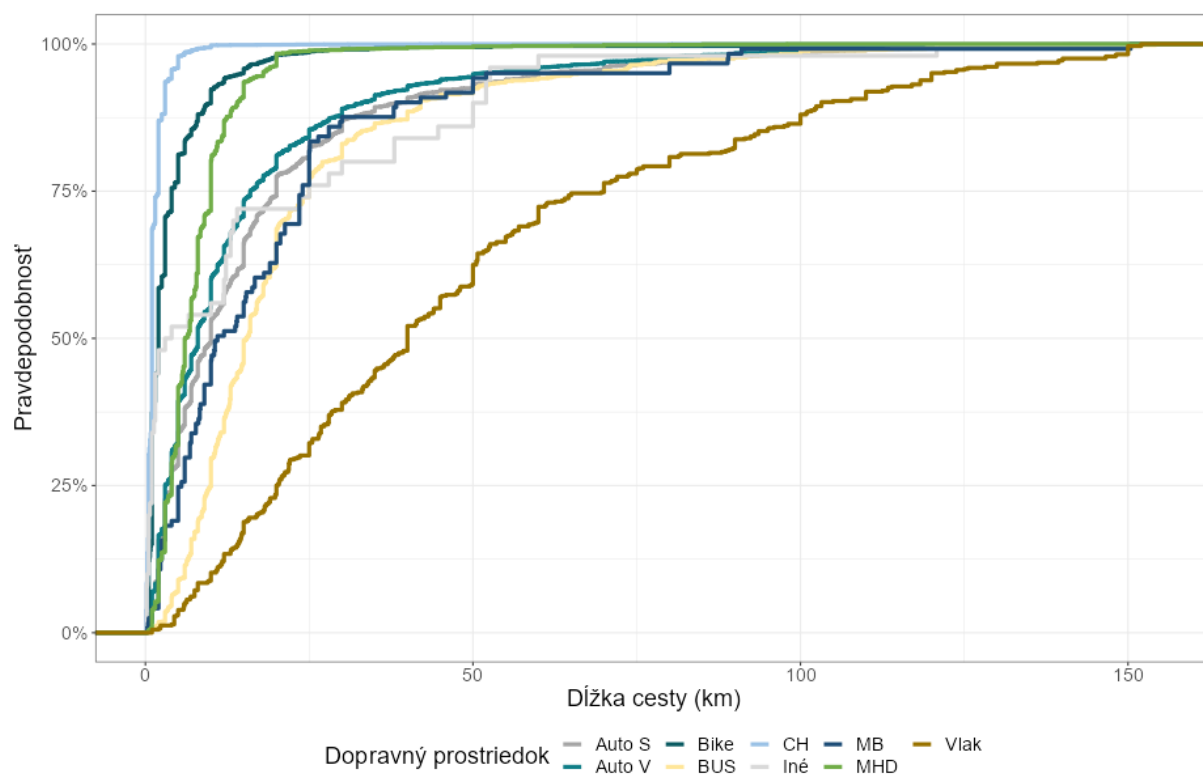
Prepravné výkony podľa počtu ciest či kilometrov sú znázornené pomocou podielových grafov a ich hodnoty sú v percentách (Obrázok 6).

Obrázok 6: Prepravný výkon podľa veku cestujúceho



Časové a dĺžkové rozloženie ciest je zobrazené funkciou hustoty alebo kumulatívnou distribučnou funkciou (Obrázok 7). Distribúciu je možné bližšie sledovať špecifikovaním konkrétneho intervalu dĺžky alebo času cesty.

Obrázok 7: Kumulatívna dĺžková distribúcia ciest podľa dopravného prostriedku



1.4. Animácie

Karta Animácie obsahuje vývoj v čase takmer 200 ukazovateľov z nasledovných odvetví dopravy:

- Dopravné nehody
- Dopravné prostriedky
- Dopravné výkony
- Emisie
- Infraštruktúra
- Investície
- Obyvateľstvo

Užívateľ zvolením odvetvia a podkategórií (Obrázok 8) vyberie želaný časový rad.

Obrázok 8: Výber časového radu

Odvetvie

Emisie

Kategória

Podľa druhu emisie (tis. t)

Kategória 2

Železničná doprava

Časový vývoj ukazovateľa je znázornený štyrmi typmi animácií:

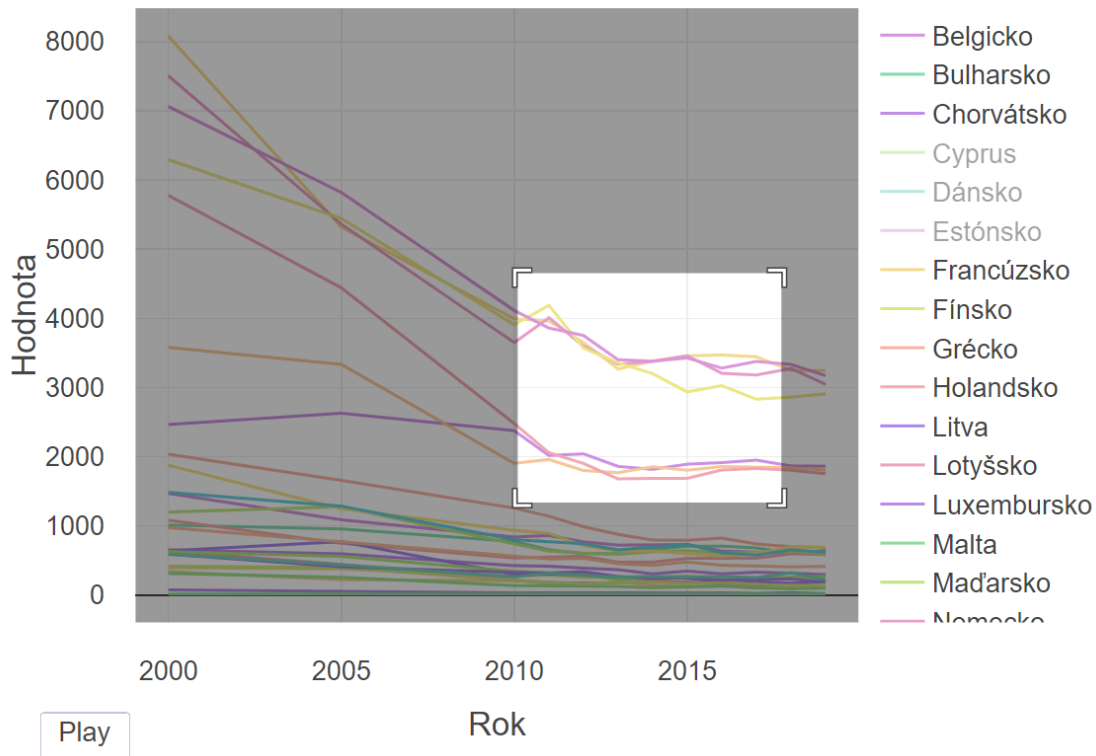
- Stĺpcové preteky – ukazovateľ zoradený podľa kategórie od najväčšieho po najmenší s prispôsobujúcou sa x-ovou osou.
- Čiarový graf – zobrazený celý vývoj ukazovateľa podľa kategórie líniami.
- Koláčový graf – pomerové hodnoty ukazovateľa v danom roku.
- Stĺpcový graf – absolútne hodnoty ukazovateľa v danom roku.

Všetky grafy okrem Stĺpcových pretekov sú interaktívne. Animáciu možno zastaviť/presunúť do želaného roku. Neželané kategórie z grafu odstránite kliknutím na položku v legende. Graf priblížite podržaním ľavého tlačidla myši a zvolením plochy grafu (Obrázok 9). Priblíženie zrušíte dvojklikom ľavého tlačidla myši.

Obrázok 9: Animovaný čiarový graf

Usmrtení v cestnej doprave

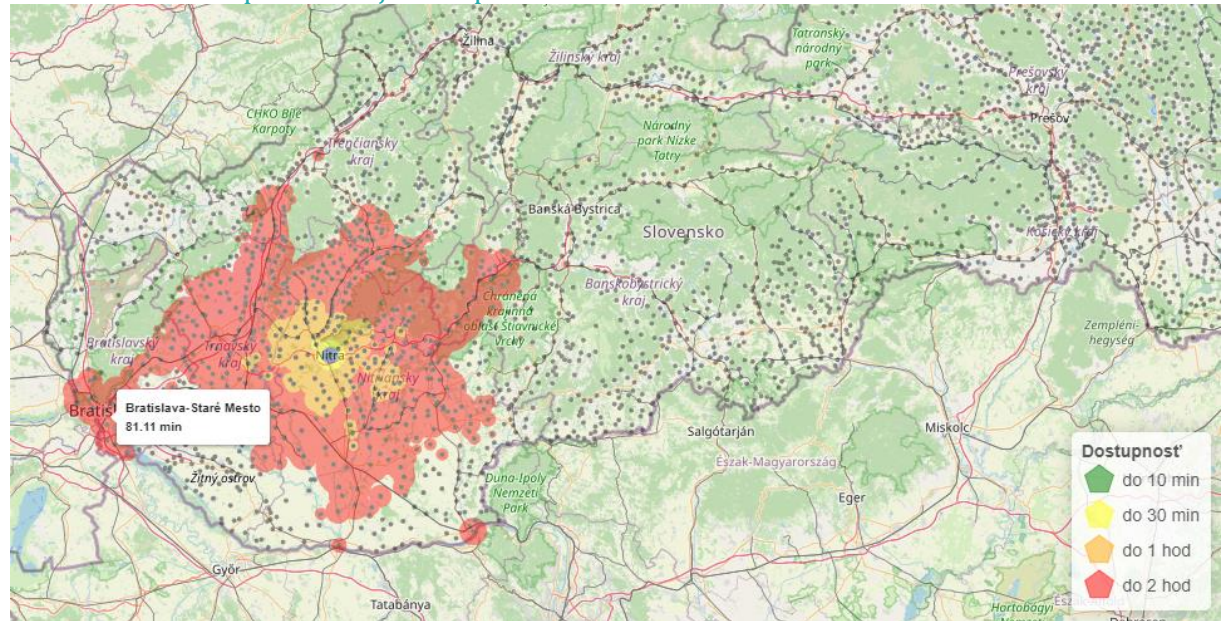
Nehodovosť podľa krajiny



1.5. Dostupnosti

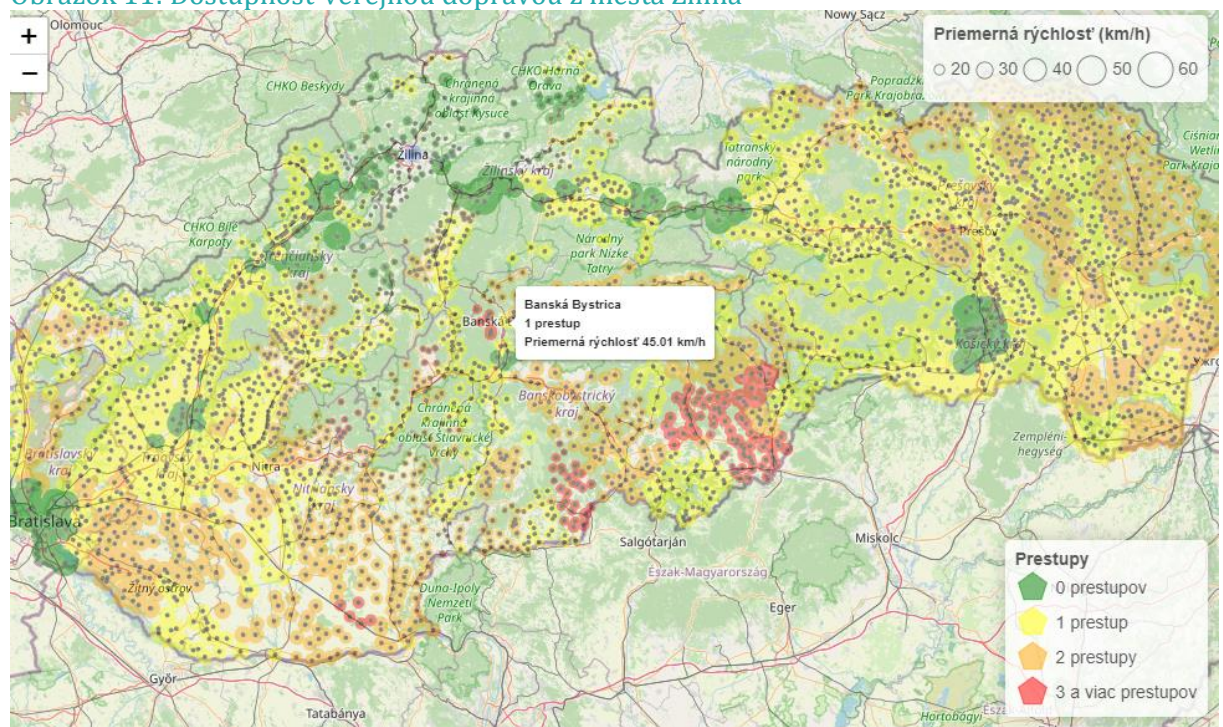
Karta Dostupnosti vykresľuje územie, ktoré je dostupné do istých časových intervalov po zvolení dopravného prostriedku a bodu začiatku cesty. Podržaním kurzora nad cieľom cesty zobrazíte čas cesty (Obrázok 10).

Obrázok 10: Dostupnosť verejnou dopravou z mesta Nitra



Dostupnosť je možné sledovať pre osobné automobily, verejnú dopravu (vlak + autobusy) alebo vlaky osobitne⁴. Zdrojovými a cieľovými bodmi sú obce, pri vlakoch železničné stanice. Dostupnosť verejnej dopravy je možné znázorniť aj formou minimálneho počtu prestupov a priemernej rýchlosti spojenia (Obrázok 11). Podržaním kurzora nad cieľom zobrazíte hodnoty oboch parametrov.

Obrázok 11: Dostupnosť verejnou dopravou z mesta Žilina

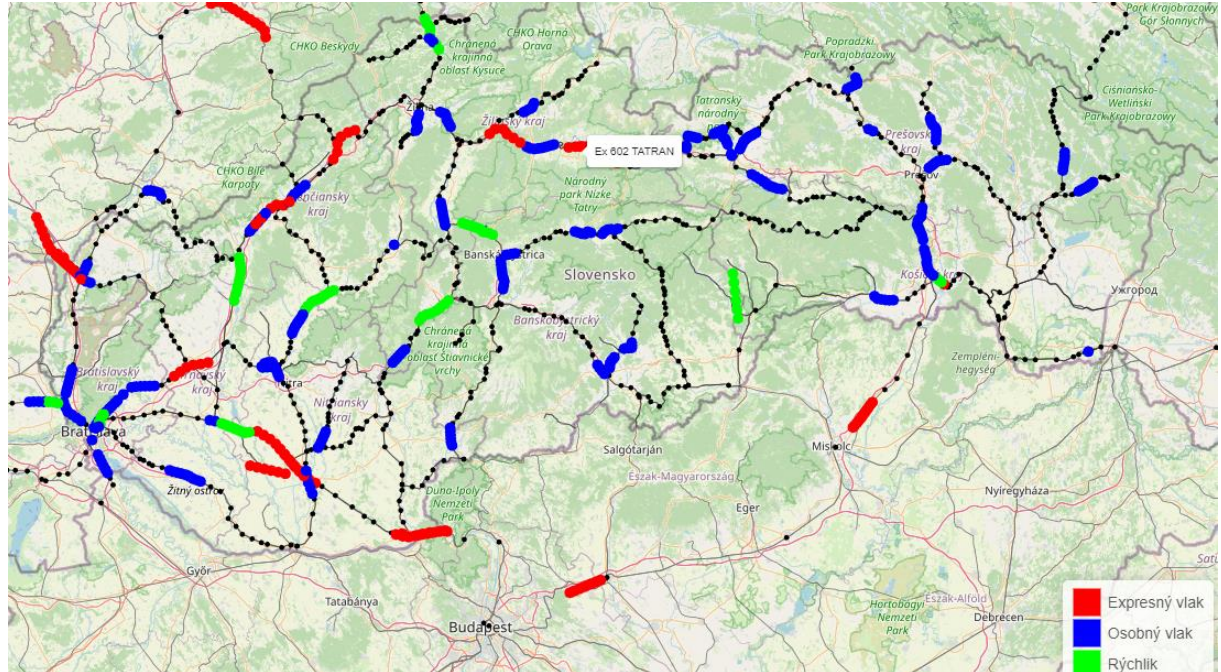


⁴ Dostupnosti pre vlaky a verejnú dopravu pochádzajú z rôznych podkladových dát a použitím odlišných metodík, viď (3.4).

1.6. Vlaky

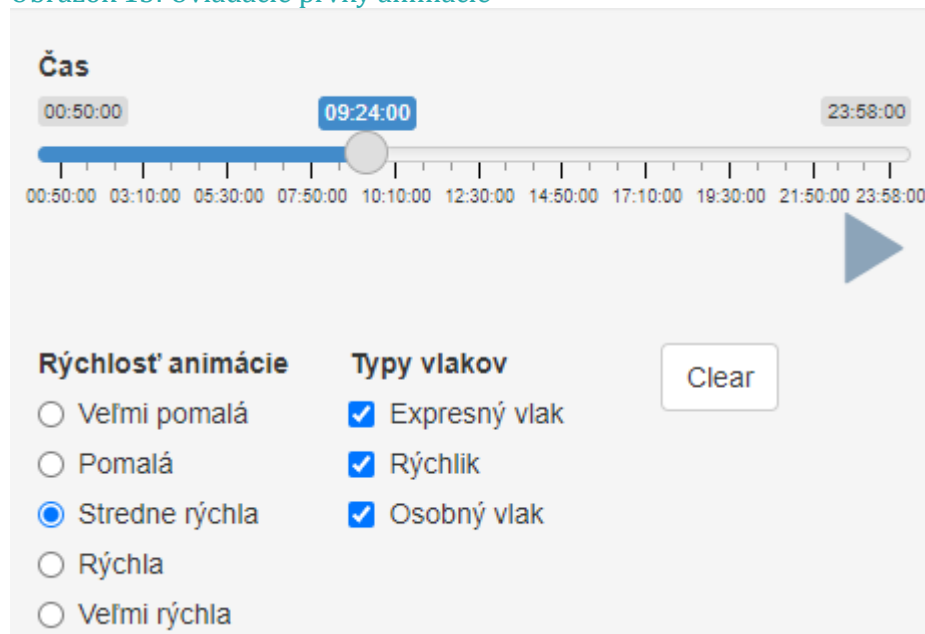
Karta Vlaky zobrazuje polohy osobných vlakov na železničnej sieti počas pracovného dňa. Typy vlakov sú farebne odlíšené⁵, je možné zobrazit iba niektoré typy (Obrázok 13). Podržaním kurzora nad vlakom alebo železničnou stanicou sa zobrazí ich názov (Obrázok 12).

Obrázok 12: Pozície vlakov na sieti



Posunutím „slidera“ na časovej osi vykreslíte polohy vlakov v konkrétnom čase (Obrázok 13). Tlačidlom „Play“ spustíte/zastavíte animáciu, tlačidlom „Clear“ aktuálne polohy odstránite⁶.

Obrázok 13: Ovládacie prvky animácie



⁵ Osobné vlaky, rýchliky a expresy.

⁶ Užitočné pri zmene času alebo pri odstránení chybných polôh.

1.7. Zdroje

Karta Zdroje obsahuje zoznam údajov použitých v rámci aplikácie, ich zdroj a krátky popis ukazovateľa. Stĺpec “Rok” obsahuje posledný rok, ku ktorému sú údaje dostupné. Údaje je možné filtrovať⁷ alebo zoradiť⁸ podľa ľubovoľného stĺpca (Obrázok 14). Pod zoznamom je uvedený dátum poslednej aktualizácie aplikácie a vysvetlivky skratiek zdrojových organizácií.

Obrázok 14: Tabuľka zdrojových údajov

Show entries Search:

	Údaj	Rok	Zdroj	Popis
38	Cesty	2023	SSC, spracovanie MD	Počet kilometrov ciest na danom území.
39	Diaľnice	2023	SSC, spracovanie MD	Počet kilometrov diaľnic na danom území.
40	Cesty I. triedy	2023	SSC, spracovanie MD	Počet kilometrov ciest I. triedy na danom území.
41	Cesty II. triedy	2023	SSC, spracovanie MD	Počet kilometrov ciest II. triedy na danom území.
42	Cesty III. triedy	2023	SSC, spracovanie MD	Počet kilometrov ciest III. triedy na danom území.
43	Miestne komunikácie	2023	SSC, spracovanie MD	Počet kilometrov miestnych komunikácií na danom území.

Showing 1 to 6 of 6 entries (filtered from 426 total entries) Previous Next
Dátum poslednej aktualizácie: 19.09.2023

2. Export údajov

Aplikácia umožňuje čiastočnú sťahovateľnosť máp, grafov a tabuľkových údajov.

2.1. Mapy

Interaktívne mapy exportujete vo formáte “png” kliknutím na tlačidlo “Print” v ľavej hornej časti mapy (Obrázok 15). Uložený bude aktuálny náhľad⁹ v troch voliteľných rozmeroch:

- “Current Size” – zachované rozmery aktuálneho náhľadu.
- “A4 Landscape” – súčasný náhľad rozšírený na rozmery A4 s orientáciou na šírku.
- “A4 Portrait” – rozšírenie na A4 po výške.

V kontextovom okne zadajte názov a cestu pre uloženie súboru¹⁰.

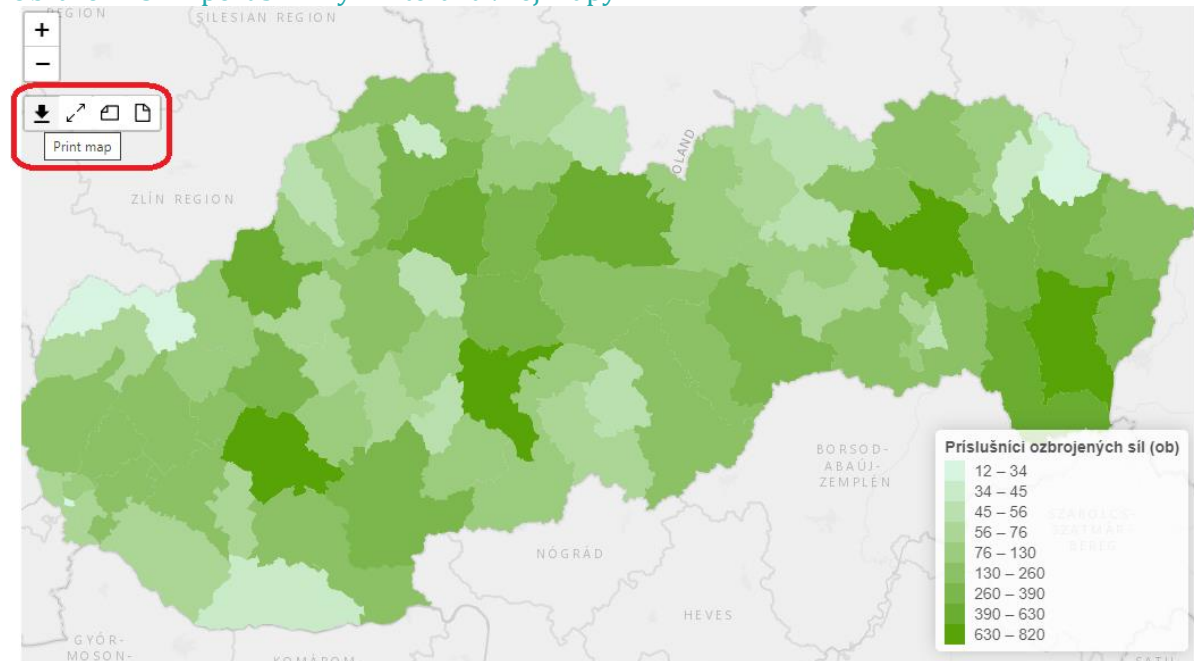
⁷ Vyplnením poľa „Search“.

⁸ Kliknutím na meno stĺpca.

⁹ Aktuálne nastavené priblíženie, poloha, podkladová mapa, legenda a ostatné grafické prvky

¹⁰ Ak sa nezobrazí kontextové okno, zmeňte nastavenie „Blokovanie pop-up okien“ vo vašom prehliadači. Funkcionalita nie je podporovaná v prehliadači „Internet Explorer“.

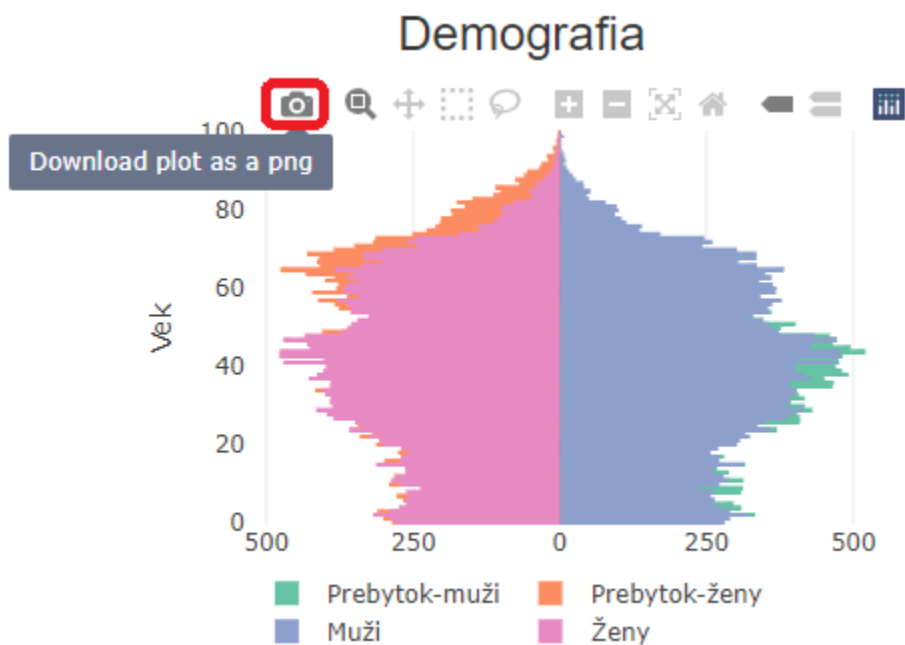
Obrázok 15: Export snímky z interaktívnej mapy



2.2. Grafy

Grafy v rámci aplikácie sú exportovateľné vo formáte “png”. Interaktívne grafy stiahnete kliknutím na ikonu fotoaparátu v hornej časti grafu (Obrázok 16). Ostatné obrázky¹¹ uložíte stlačením tlačidla “Exportovať graf” pod grafom. V oboch prípadoch sa zobrazí kontextové okno¹² na vyplnenie názvu a umiestnenia obrázku.

Obrázok 16: Export interaktívneho grafu



¹¹ Grafy na karte Mobilita.

¹² Ak sa nezobrazí kontextové okno, zmeňte nastavenie „Blokovanie pop-up okien“ vo vašom prehliadači.

2.3. Dáta

Aktuálne zobrazené údaje v aplikácii sú sťahovateľné v tabuľkovej forme (Obrázok 17) vo formáte “xlsx” kliknutím na tlačidlo “Exportovať dáta”.

Obrázok 17: Export časových radov

	A	B	C	D	E	F
1	U1	U2	U3	Typ	Rok	Hodnota
2	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Diaľnice	2000	2052
3	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty I. triedy	2000	17259
4	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty II. triedy	2000	7148
5	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Diaľnice	2001	2331
6	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty I. triedy	2001	21980
7	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty II. triedy	2001	8994
8	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Diaľnice	2002	2808
9	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty I. triedy	2002	21905
10	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty II. triedy	2002	9385
11	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Diaľnice	2003	3771
12	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty I. triedy	2003	25971
13	Dopravné nehody	Hmotná škoda (tis. €)	Podľa kategórie cesty	Cesty II. triedy	2003	11309

Exportované sú údaje v závislosti od karty aplikácie:

- Štatistiky – všetky údaje o zvolenom území
- Vizualizácie – vybraný údaj pre celé územie SR na zvolenej úrovni¹³
- Mobilita – všetky ukazovatele okrem distribúcie ciest v navolených kombináciách
- Animácie – celé časové rady vybranej kategórie údajov (Obrázok 17)
- Dostupnosti – časy dostupností zvoleným dopravným prostriedkom z vybraného začiatku cesty do všetkých cieľových obcí/staníc v hodinách.

Pre poskytnutie celkových databáz alebo údajov, ktoré v rámci aplikácie nie sú sťahovateľné kontaktujte Inštitút dopravnej politiky alebo autora aplikácie.

3. Pôvod a tvorba databáz

Dáta aplikácie v aktuálnej podobe pochádzajú z rôznych zdrojov. Prešli čistením, spracovaním a výpočtami popísanými nižšie.

3.1. Infraštruktúra

Údaje o dopravnej infraštruktúre na území SR pochádzajú primárne z dvoch zdrojov:

- Cestná sieť – priestorové a tabuľkové údaje poskytované Slovenskou správou ciest (SSC) cez Cestnú databanku (CDB, 2023).
- Železničná sieť – grafikon železničnej dopravy poskytovaný Železnicami Slovenskej Republiky (ŽSR, 2023).

Cestnú infraštruktúru sme rozdelili podľa kategórie cesty a prepojili s priestorovou databázou územia SR z Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (ZBGIS, 2023). Prekrytím infraštruktúry s hranicami územia sme odhadli dĺžky ciest podľa kategórie na danom území.

¹³ Obec, okres, kraj alebo celá SR.

Obdobne sme postupovali pri železničnej sieti a staniciach. Spojením databázy trás, ciest, zastávok, časov a dátumov sme vytvorili databázu polohy vlakov na sieti. Počet vlakových spojení za deň bol vypočítaný ako počet unikátnych vlakov, ktoré stáli aspoň na jednej zo staníc na danom území v roku 2023 a jeho predelením počtom dní v roku.

3.2. Demografia

Hlavným zdrojom údajov o demografii a socio-ekonomických ukazovateľoch je Sčítanie obyvateľov, domov a bytov (SODB, 2021), prevzaté boli nasledovné údaje:

- Demografia
- Ekonomická aktivita
- Vzdelanie
- Dochádzka
- Postavenie v zamestnaní
- Typ zamestnania
- Odvetvie zamestnania
- Vierovyznanie
- Rodinný stav
- Miesto narodenia
- Štátna príslušnosť
- Národnosť
- Materinský jazyk

Okrem socioekonomických údajov sme využili databázu vlastníkov vozidiel¹⁴ v prepojení s poisťovňami sociálnej poisťovne a zdravotných poisťovní na výpočet automobilizácie obyvateľstva a držiteľov vozidiel podľa ekonomickej aktivity. Informácie o pôde pochádzajú z Úradu geodézie, kartografie a katastra SR (ÚGKK SR), ktorý ich poskytuje Štatistickému úradu SR (ŠUSR). Všetky údaje sme zlúčili do jednotnej databázy na úrovni obcí a následne agregovali na úroveň okresov, krajov, regiónov a SR.

3.3. Mobilita

Zdrojom dát o mobilitě je celoslovenský prieskum mobility (CZECH Consult spol. s r.o., 2015) vykonaný na vzorke 10 tisíc domácností. Prieskum bol z dôvodu chybných údajov opätovne vyhodnotený (Kováč & Hlavatý, 2020) a boli vypočítané nové koeficienty pre osoby a cesty, ktoré pomerovo vyrovnávajú podiel obyvateľstva podľa kategórií vo vzorke a súčasného reálneho stavu obyvateľstva SR. Aplikácia obsahuje zdrojovú databázu ciest a osôb, na základe ktorej sú v pozadí aplikácie v reálnom čase dopočítavané nasledovné ukazovatele:

- Hybnosť
- Priemerná dĺžka cesty
- Podiel ciest
- Prepravný výkon
- Dĺžková a časová distribúcia ciest

Hybnosť obyvateľstva je vypočítaná ako:

¹⁴ Zdroj MV SR.

$$h_{p,\chi} = \frac{\sum_{i \in C_{p,\chi}} k_i^C}{\sum_{j \in O_\chi} k_j^O}, \quad (1)$$

kde k^C je koeficient cesty, k^O koeficient osoby, $C_{p,\chi}$ je množina ciest s parametrom cesty p a charakteristikou cestujúceho χ ¹⁵. O_χ je množina osôb¹⁶ s charakteristikou χ . Priemernú dĺžku ciest podľa parametra cesty alebo cestujúceho v vypočítame ako:

$$\lambda_v = \frac{\sum_{i \in C_v} k_i^C d_i}{\sum_{j \in C_v} k_j^C}, \quad (2)$$

kde d je dĺžka cesty¹⁷. Podobne pre podiel ciest r a dopravný výkon V platí

$$r_{v_1, v_2} = \frac{\sum_{i \in C_{v_1, v_2}} k_i^C}{\sum_{j \in C_{v_1}} k_j^C}, \quad (3)$$

$$V_{v_1, v_2} = \frac{\sum_{i \in C_{v_1, v_2}} k_i^C d_i}{\sum_{j \in C_{v_1}} k_j^C d_j}. \quad (4)$$

Distribúcia ciest predstavuje početnosti uskutočnených ciest podľa ich dĺžky alebo času trvania. Distribúcia je všeobecne znázorňovaná funkciou hustoty alebo distribučnou funkciou. Hodnota funkcie hustoty predstavuje pravdepodobnosť, že cesta má dĺžku vstupnej premennej¹⁸. Distribučná funkcia, nazývaná aj kumulatívna, je súčtom pravdepodobností, že cesta je kratšia ako vstupná premenná¹⁹. Dĺžková distribúcia ciest je odhadnutá pomocou váženej empirickej kumulatívnej distribučnej funkcie (ECDF)

$$F_v^d(x) = \frac{\sum_{i \in C_v} \mathbf{1}_{d_i \leq x} k_i^C}{\sum_{j \in C_v} k_j^C}, \quad (5)$$

kde $\mathbf{1}_A$ je indikačná funkcia²⁰. Obdobne bola počítaná časová distribúcia²¹.

¹⁵ Napríklad cesty do práce vykonané ekonomicky aktívnymi osobami.

¹⁶ Cestujúcich.

¹⁷ Z hybnosti a priemernej dĺžky cesty je možné dopočítať aj priemernú precestovanú vzdialenosť na osobu a typ cesty za deň ako $l_{p,\chi} = h_{p,\chi} \lambda_{p,\chi}$.

¹⁸ Napr. pravdepodobnosť, že cesta má dĺžku 5 km.

¹⁹ Predstavuje napr. pravdepodobnosť, že cesta je kratšia ako 5 km.

²⁰ Indikačná funkcia $\mathbf{1}_A$ dáva hodnotu 1, ak je udalosť A pravdivá a hodnotu 0, ak nepravdivá.

²¹ Namiesto dĺžok ciest d použité časy ciest t .

3.4. Dostupnosti

Databáza dostupností pozostáva z kombinácií zdrojových a cieľových obcí²² a nasledovných údajov:

- Najkratšia vzdialenosť
- Cestovný čas osobnou automobilovou dopravou (IAD)
- Cestovný čas, frekvencia spojov a počet prestupov verejnou dopravou²³
- Čas železničnou dopravou

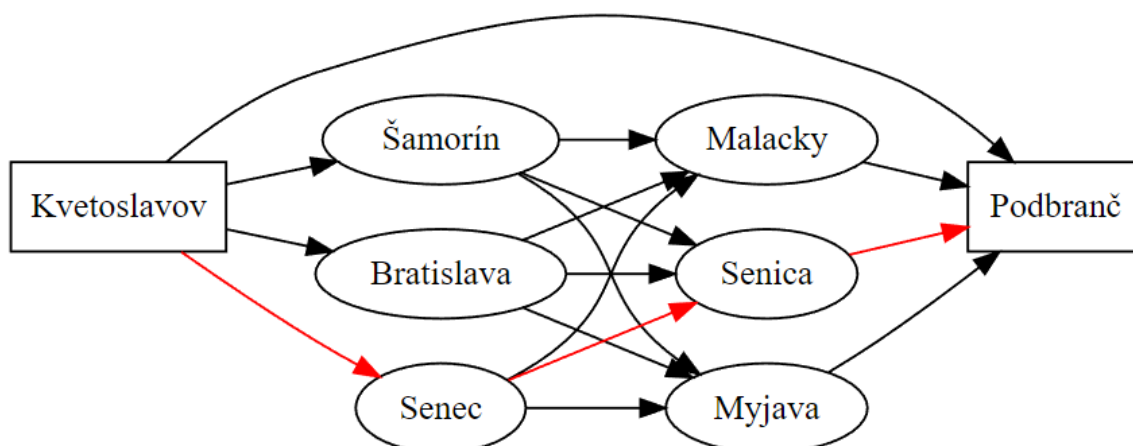
Vzdialenosti sú vypočítané ako najkratšie vzdialenosti po cestnej sieti (CDB, 2023) medzi definičnými bodmi obcí²⁴ (PSK, 2020) s využitím teórie grafov (Knor, 2000). Začiatok a cieľ cesty predstavujú uzly siete najbližšie položené k definičným bodom obcí.

Cestovné časy IAD sme odhadli pomocou matíc vzdialeností zo služby Google API (DM API, 2020). Nakoľko je služba spoplatnená, vyhľadali sme vzdialenosti a časy medzi mestami²⁵ s časom odjazdu o 12. hodine. Medzimestské časy sme zovšeobecni na všetky kombinácie obcí pomocou nasledovného algoritmu:

- Ku každej zdrojovej a cieľovej obci sme našli 3 najbližšie mestá.
- Odhadli sme cestovné časy do najbližších miest pomocou priemernej rýchlosti ciest osobnými automobilmi z prieskumu mobility.
- Vybrali sme medzimestské časy medzi každou kombináciou miest blízkyh zdrojovej a cieľovej obci.
- Odhadli sme cestovný čas priamo medzi zdrojom a cieľom využitím najkratšej vzdialenosti a priemernej rýchlosti.
- Vypočítali sme celkové cestovné časy pre každú kombináciu.
- Vybrali sme najkratšiu trasu.

Modelová ukážka algoritmu je zobrazená na diagrame²⁶ (Obrázok 18).

Obrázok 18: Algoritmus hľadania najkratšej cesty



²² V prípade vlakovej dopravy železničné stanice.

²³ Vlaky a autobusy.

²⁴ Ťažiská osídlenia.

²⁵ 141² kombinácií namiesto 2927².

²⁶ Ak je zdrojovou alebo cieľovou obcou mesto, počet kombinácií je nižší.

Údaje o verejnej doprave boli získané pomocou vyhľadávača cestovních poriadkov (Inprop, 2020). Vyhľadávané boli spojenia medzi 451 reprezentatívnymi obcami²⁷ počas pracovného dňa v roku 2020 o 12-tej hodine. Zo spojov sme získali informácie o počte prestupov, frekvencii spojov, čase čakania na spoj, čase strávenom dopravou a použitými linkami verejnej dopravy. Časy ostatných obcí boli dopočítané pomocou najkratšej vzdialenosti k reprezentatívnej obci a priemernej rýchlosti ciest verejnou dopravou z prieskumu mobility. Databázu časov verejnej dopravy plánujeme v budúcnosti aktualizovať.

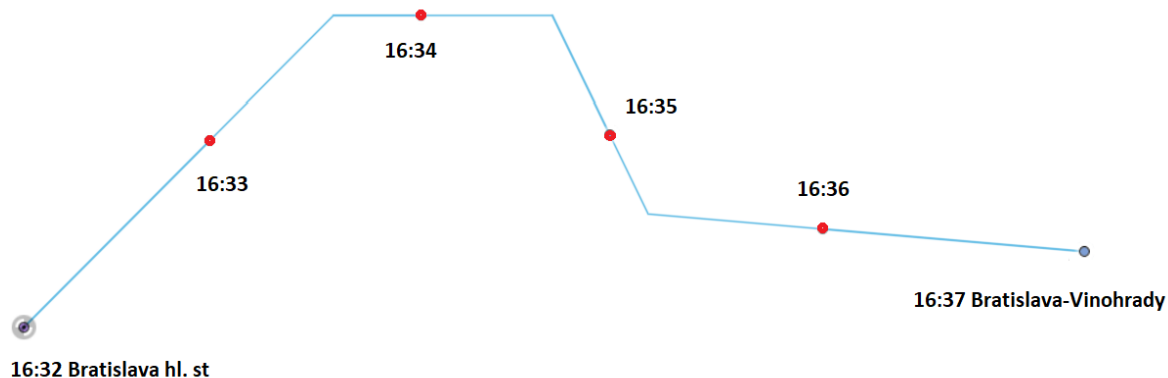
3.5. Časové rady

Údaje, ku ktorým máme k dispozícii aj ich historický vývin sme spracovali do databázy časových radov. Údaje pochádzajú zo štatistických zisťovaní Ministerstva dopravy, Ministerstva vnútra, SSC a ŠÚSR. Obsahujú informácie o dopravných nehodách, prostriedkoch, výkonoch, infraštruktúre, investíciách, emisiách a obyvateľstve. Ukazovatele sme spracovali do jednotnej databázy, rozdelili podľa kategórií a zjednotili ich jednotky. Časový rozsah dát je od roku 2000 až po rok 2022, v prípade niektorých ukazovateľov časové rady nie sú kompletne. Dáta sú pravidelne aktualizované.

3.6. Poloha vlakov

Pozície vlakov sú počítané na základe nového grafikonu vlakovej dopravy (ŽSR, 2023). Vlakové trasy sme prepojili s cestami, zastávkami, časmi odchodov a ich geopriestorovými údajmi. Získali sme tak polohy vlakov na vlakových zastávkach, časy odchodov a príchodov spolu s polohou staníc a trás medzi nimi. Trasy medzi zastávkami sme rovnomerne rozdelili podľa časového rozdielu medzi odchodom vlaku a príchodom do nasledujúcej stanice (Obrázok 19). Vypočítali sme tým polohy vlakov pre každú minútu dňa²⁸.

Obrázok 19: Časy a polohy vlakov



4. Pozadie aplikácie

4.1. Výpočtové prostredie

Aplikácia je vytvorená v programovacom jazyku R využitím softvéru RStudio, ktorý je open-source a voľne stiahnuteľný (Posit, 2023). Užívateľské prostredie i výpočtový server sú

²⁷Reprezentatívne obce pochádzajú z dopravného modelu SR, v ktorom je Slovensko rozdelené na 451 zón. Reprezentatívna obec je obec s najvyšším počtom obyvateľov v zóne. Zóny sa skladajú z 1-25 obcí s podobnou dostupnosťou verejnej dopravy.

²⁸Algoritmus bol vykonaný v rámci jedného pracovného dňa, avšak je aplikovateľný na ľubovoľný deň a čas v roku.

naprogramované pomocou knižnice *shiny*. Pri spracovaní dát, výpočtoch i vizualizáciach sme najviac využívali nasledovné knižnice:

- *tidyverse* – čistenie, spracovanie a transformácia dát
- *leaflet* – interaktívne mapy
- *ggplot2* – grafy a vizualizácie
- *plotly* – interaktívne a animované grafy
- *sf* – spracovanie geopriestorových údajov
- *sfnetworks* – hľadanie najkratšej trasy
- *rvest* – datamining

Zdrojové dáta aplikácie plánujeme v budúcnosti transformovať na relačné databázy a prepojiť formou SQL dopytov pre urýchlenie načítavania aplikácie.

Obrázok 20: Knižnice jazyka R



Zdrojový kód aplikácie nebude zverejnený.

4.2. Server

Aplikácia je publikovaná na internete pomocou služby „shinyapps“ (Posit, 2023), ktorá prevádzkuje virtuálny server. Služba je spoplatnená v závislosti od počtu aktívnych hodín využívania aplikácie. Aplikáciu plánujeme v budúcnosti presunúť na vládny cloud (MV SR, 2014) prevádzkovaný ministerstvom vnútra v rámci programu Integrovaná infraštruktúra (OPII, 2014).

Záver

Manuál popisuje užívateľské prostredie a ovládacie prvky aplikácie IDP Interactive. Uvádza postup pri sťahovaní údajov a grafov, zdroje a metódy spracovania dát a výpočtové pozadie aplikácie.

Cieľom aplikácie je prezentácia dopravných údajov a vzbudenie motivácie k ich používaniu. Zvýšený dopyt po dátach chceme využiť na ich systematickejšie zbieranie v čo najväčšej kvalite a pravidelnosti.

V blízkej budúcnosti plánujeme aktualizáciu podstatnej časti našich databáz. Koncom roka 2023 budú doplnené časové rady o ukazovatele za rok 2022. Po vydaní grafikonu vlakov na rok 2024 aktualizujeme dáta o polohe a dostupnosti vlakov a o železničnej infraštruktúre. Opätovne vypočítať plánujeme aj dostupnosti verejnej a osobnej automobilovej dopravy a stav cestnej siete.

Okrem aktualizácie súčasných údajov pripravujeme získanie dát o cestnej nákladnej doprave z mýtného systému SR (NDS) a štatistických zisťovaní (ŠUSR). V dlhodobom horizonte plánujeme zbieranie dát o verejnej autobusovej doprave v súčinnosti s VÚC.

Údaje plánujeme transformovať na relačné databázy s využitím cloudových služieb Konsolidovaná analytická vrstva (KAV, 2023) a vládny cloud (MV SR, 2014), kam plánujeme premiestniť aj server aplikácie IDP Interactive.

Referencie

- CDB. (2023). *Cestná sieť SR*. Dostupné na Internete: Cestná databanka: <https://www.cdb.sk/sk/poskytovanie-udajov.alej>
- CZECH Consult spol. s r.o. (2015). *Prieskum mobility - Správa*.
- DM API. (2020). *Distance Matrix API*. Dostupné na Internete: Google: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview>
- IDP. (2023). *IDP Interactive*. Dostupné na Internete: Ministerstvo dopravy SR: <https://www.mindop.sk/ministerstvo-1/doprava-3/institut-dopravnej-politiky/interaktivna-aplikacia>
- Inprop. (2020). *Cestovné poriadky*. Dostupné na Internete: Inprop: <https://www.inprop.sk/Home/Products/TT>
- KAV. (2023). *Konsolidovaná analytická vrstva*. Dostupné na Internete: datalab: <https://datalab.digital/analyticke-udaje/konsolidovana-analyticka-vrstva/>
- Knor, M. (2000). *Kombinatorika a teória grafov I*. Univerzita Komenského v Bratislave.
- Kováč, L., & Hlavatý, P. (2020). *Mobilné správanie obyvateľstva*. IDP.
- MV SR. (2014). *Vládny cloud*. Dostupné na Internete: <https://sk.cloud>
- OPII. (2014). *Operačný program integrovaná infraštruktúra*. Dostupné na Internete: <https://www.opii.gov.sk/>
- Posit. (2023). *RStudio*. Dostupné na Internete: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>
- Posit. (2023). *shinyapps*. Dostupné na Internete: <https://www.shinyapps.io/>
- PSK. (2020). *Definičné body obcí Slovenska*. Dostupné na Internete: Prešovský samosprávny kraj: <https://geopresovregion.sk/geonetwork/srv/api/records/925c058f-85fd-4f7f-bd96-21546dda27bc>
- SODB. (2021). *Sčítanie obyvateľov, domov a bytov*. Dostupné na Internete: <https://www.scitanie.sk/>
- ZBGIS. (2023). *Územné a správne usporiadanie SR*. Dostupné na Internete: Geoportál: <https://www.geoportal.sk/sk/zbgis/na-stiahnutie/>
- ŽSR. (2023). *Grafikon vlakovej dopravy*. Dostupné na Internete: Železnice Slovenskej Republiky: <https://www.zsr.sk/files/pre-cestujucich/cestovny-poriadok/gtfs/gtfs.zip>