

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA GEOMATIKY

# **Analýza a vizualizace tréninkových záznamů**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Ondřej Sládek**

Vedoucí práce:

Ing. František Kolovský

Plzeň, jaro 2022

# Abstrakt

Cílem této práce bylo vyhledat nástroj vhodný pro vizualizaci a analýzu tréninkových záznamů pocházejících ze sportovních zařízení. Žádný z momentálně dostupných široce používaných nástrojů neposkytuje globální analýzu dat ze všech tréninků simultánně se současným propojením v mapě. Byla vybrána platforma GLayer, která dokáže vizualizovat data moderní a inovativní formou s možností následných analýz. GLayer dále umožňuje interaktivní analýzu velkých dat nad mapou pomocí propojeného zobrazení v mapě, grafech a filtrech. Platforma používá kartografickou vizualizační metodu heat-map. Použitá platforma GLayer poskytuje možnosti analýzy a vizualizace, které nejsou dostupné v žádném masově používaném nástroji.

## Klíčová slova

analýza tréninkových dat, GNSS, databáze, statistická data, heat-map

## Abstract

The aim of this work is to find a tool suitable for visualization and analysis of training records from wearable devices. None of the currently available widely used tools provides a global analysis of data from all training sessions simultaneously with the current map link. We chose the GLayer platform, which can visualize data in a modern and innovative form with the possibility of subsequent analysis. GLayer also allows interactive analysis of large data above the map using a linked view in the map, graphs and filters. The platform uses the cartographic visualization method called heat-map. The used platform is capable of providing analysis and visualization which is yet to be seen among other widely used platforms.

## Keywords

training data analysis, GNSS, database, statistical data, heat-map

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Ondřej SLÁDEK**  
Osobní číslo: **A19B0459P**  
Studijní program: **B3602 Geomatika**  
Studijní obor: **Geomatika**  
Téma práce: **Analýza a vizualizace tréninkových záznamů**  
Zadávací katedra: **Katedra geomatiky**

## Zásady pro vypracování

1. Rešerše existujících metod pro analýzu a vizualizaci tréninkových záznamů pocházejících především z běhu a cyklistiky.
2. Srovnání výhod a nevýhod převažujících způsobů vizualizace a analytických nástrojů.
3. Implementace aplikace, která bude vizualizovat a analyzovat tyto data v prostředí GLayer.

Rozsah bakalářské práce: **cca 20 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Ježek, J., Jedlička, K., Mildorf, T., Kellar, J., & Beran, D. (2017). Design and evaluation of WebGL-based heat map visualization for big point data. In *The Rise of Big Spatial Data* (pp. 13-26). Springer, Cham.
- Dykes J (1998) Cartographic visualization. *J R Stat Soc Ser D* 47(3):485–497. doi:10.1111/1467-9884.00149
- Fotheringham AS, Brunson C, Charlton M (2000) *Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis*. Sage, Thousand Oaks
- Fotheringham S, Rogerson P (1994) *Spatial analysis and GIS*. CRC Press, Boca Raton. ISBN:780748401048
- Slocum TA (2008) *Thematic cartography and geovisualization*, 3rd edn. Prentice Hall, Upper Saddle River. ISBN:978-0132298346
- Wilkinson L, Friendly M (2009) The history of the cluster heat map. *Am Stat* 63(2):179–184
- O'Sullivan D, Unwin D (2014) *Geographic information analysis*, 2nd edn. Wiley, Hoboken. ISBN:978-0-470-28857-3


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Kolovský**  
Nové technologie pro informační společnost

Datum zadání bakalářské práce: **2. listopadu 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2022**



**Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.**  
děkan



**Doc. Ing. Karel Janečka, Ph.D.**  
vedoucí katedry

# Prohlášení

Předkládám k posouzení a obhajobě bakalářskou práci na téma „Analýza a vizualizace tréninkových záznamů“, kterou jsem vypracoval na závěr bakalářského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a výhradně s využitím uvedených zdrojů.

V Plzni dne .....

.....

Ondřej Sládek

# Poděkování

Tímto moc děkuji vedoucímu práce Ing. Františkovi Kolovskému za metodické vedení, pomoc a jeho cenné rady během tvorby této práce. Děkuji také firmě InnoConnect za poskytnutí platformy GLayer.

# Obsah

1	Úvod a rešerše literatury .....	1
1.1	Vybrané metody vizualizace .....	2
1.1.1	Heat-map (metoda intenzity jevu) .....	2
1.1.2	Binning (metoda gridu) .....	4
1.1.3	Metoda liniových kartodiagramů .....	6
1.2	Analýzy .....	7
1.2.1	Agregační statistiky .....	7
1.2.2	Časové řady .....	8
1.2.3	Jiné analýzy .....	8
1.2.4	Shrnutí .....	9
1.3	Data .....	10
1.3.1	Záznam GNSS .....	10
1.3.2	Přesnost GNSS měření .....	10
1.3.3	GNSS souřadnice .....	10
1.3.4	Záznam tepové frekvence .....	11
1.3.5	Frekvence vzorkování dat .....	11
1.3.6	Formáty dat .....	12
2	Implementace .....	13
2.1	Import dat do GLayer .....	13
2.1.1	Strava API .....	13
2.1.2	Preprocessing .....	14
2.1.3	Import do PostgreSQL .....	15
2.2	Tvorba aplikace v GLayer .....	15
3	Testování .....	18
4	Závěr a zhodnocení .....	20
5	Literatura .....	21
6	Přílohy .....	23

# 1 Úvod a rešerše literatury

Sport se v dnešní době stal součástí života většiny populace. S rozvojem nových technologií přichází inovace i do odvětví sportu. Amatérští i profesionální sportovci využívají různá sportovní zařízení pro monitorování tréninku. Jsou to například GNSS trackery, akcelerometry, monitory srdeční frekvence, wattmetry nebo pedometry. Veliké oblibě se v poslední době těší chytré sportovní hodinky, které zastávají funkci většiny výše zmíněných přístrojů v malém kompaktním těle.

Data naměřená těmito zařízeními je potřeba vhodně interpretovat a převést z podoby dat do podoby informací. K tomu slouží množství sportovních aplikací, které nabízejí různé typy analýz, vizualizací a funkcí.

Za takovýmto účelem pak byla otestována platforma GLayer, která umožňuje interaktivní analýzu velkých dat nad mapou a umožňuje globální zobrazení a analýzu dat pocházejících z tréninku. Využívá k tomu kartografickou vizualizační metodu heat-map. Hlavním cílem této práce tedy bylo tuto platformu otestovat a provést rešerši obdobných metod pro vizualizaci a aplikaci pro analýzu.

První část práce stručně popisuje tři vizualizační kartografické metody, které jsou vhodné pro globální zobrazení tréninkových dat, stejně jako to umožňuje platforma GLayer. V druhé části se autor věnuje dostupným analýzám tréninkových jednotek a aplikacím, které tyto funkce nabízejí. Ve třetí části je popsán princip sběru takových dat, jejich struktura, přesnost nebo formát. Poslední praktická část popisuje, jak byla k danému účelu analýzy a vizualizaci tréninkových záznamů použita platforma GLayer.



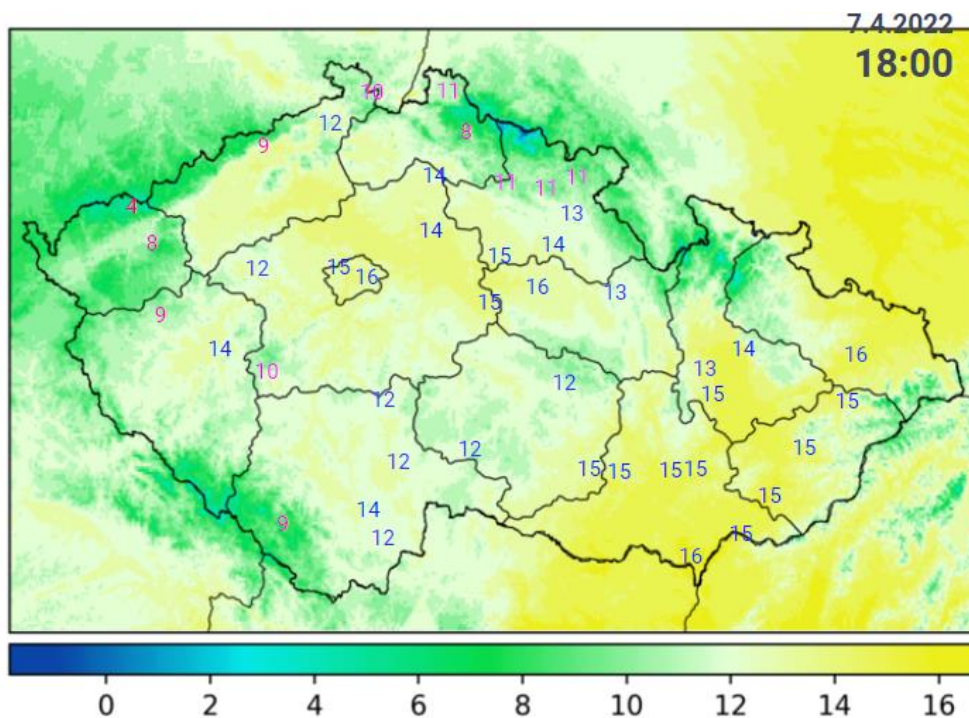
## 1.1 Vybrané metody vizualizace

Řešení práce předcházelo studium vybraných metod, možnosti a použití software při tvorbě různých výstupů. Pro účely globální vizualizace tréninkových záznamů byly shledány jako vhodné metody: heat-map, metoda liniových kartodiagramů a metoda gridu. Metoda heat-map pak byla použita pro vlastní implementaci v platformě GLayer.

### 1.1.1 Heat-map (metoda intenzity jevu)

Metoda heat-map je metoda grafického znázornění dat, kdy je hustota bodů v konkrétním prostoru reprezentována pomocí určité barvy, resp. barevného přechodu. Dochází tedy k vykreslení oblasti vlivu kolem každého bodu a sčítání v místech, kde se oblasti vlivů překrývají. Hodnota vlivu je následně reprezentována pomocí barevného přechodu. Technicky se pouze diskrétní body interpolují do souvislého povrchu a ten je pak obarven. Oproti metodě kartogramu není metoda heat-map omezená geografickými hranicemi (Neték, 2020).

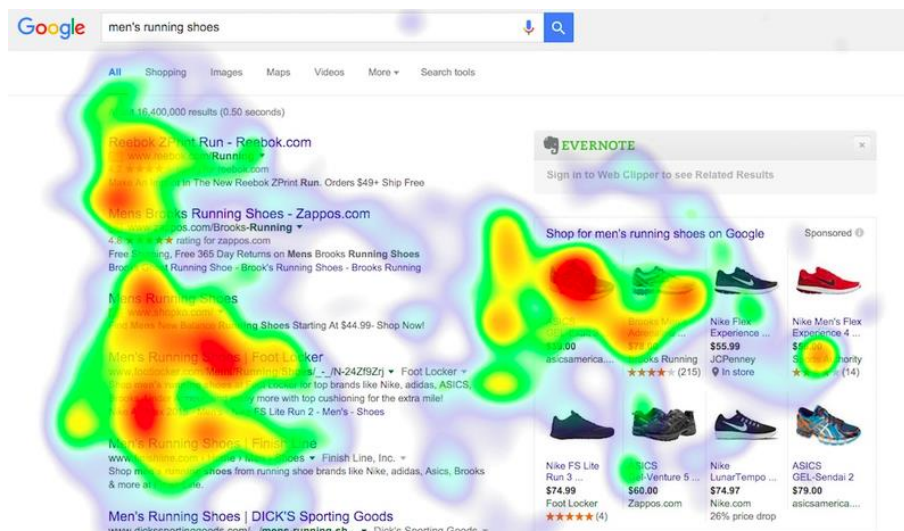
Barevné schéma se volí buď jednobarevné, kdy vyšší hustota je interpretována větší sytostí toho samého barevného odstínu. Druhou možností jsou pak vícebarevné škály s barevným přechodem. Meteorologové například pracují s působením barev na člověka, zejména pak s tzv. teplými a studenými barvami. Mapu teploty je možné vidět na obrázku č. 1. Pro vyšší hodnoty se volí teplejší barvy, pro nižší hodnoty barvy chladnější. Takovéto zobrazení je pro laického uživatele atraktivní, srozumitelné a dobře čitelné. (Slezáková, 2017). Zatímco u ostatních kartografických metod pracujících s barvami (kartogram, dasymetrická metoda, grid) se jedná o sekvenci barevných odstínů. Heat-map se zpravidla vyznačuje plynulým přechodem mezi barvami (Neték, 2020).



Obrázek 1: Využití heat-map pro meteorologii. (Meteocentrum.cz, 2022)

Český ekvivalent pojmu heat-map je v práci Otte (2015) uváděn jako teplotní mapa. Takovýto doslovný překlad (ang. heat=teplo) je ale zavádějící a nepřiliš vhodný. Někteří další autoři pak používají pojem „mapa intenzity jevu“, tento termín se blíží principu heat-map, avšak Neték (2020) uvádí, že terminologicky nejvhodnější je „metoda intenzity jevu“. Při používání počestěného „heatmapa“ je tedy nutné mít na paměti, že se jedná o vyjadřovací metodu, nikoliv o mapu. V této práci nebude používán žádný český překlad.

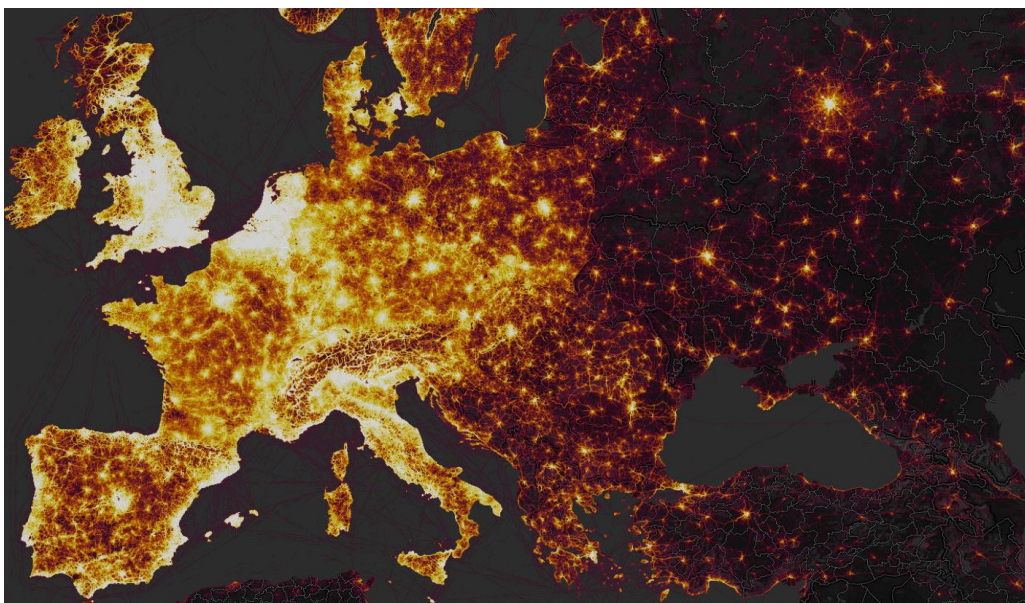
Využití heat-map je v dnešní době velice různorodé a populární. Pro uživatele je metoda atraktivní, jednoduše čitelná a asociativní. Jak již bylo výše zmíněno využití nachází v odvětví meteorologie a klimatologie. Například, v molekulární biologii se metoda používá při studiu genomů organismů. Další využití je pro analýzu webu. Zde slouží např. k vizualizaci tzv. „click heat-map“, která zobrazuje, kde návštěvníci nejčastěji klikají a je na obrázku č. 2. To pak může vést k nalezení problematických, či naopak nejvíce atraktivních míst webu. Vyhodnocovat se dá pomocí heat-map také záznam eye-trackingu.



Obrázek 2: Využití heat-map pro analýzu webu. (Birkett, 2016)

Své místo si heat-map najde samozřejmě i v kartografii. Prezентují se pomocí nich lokality s nejvyšší kriminalitou, intenzitou dopravních nehod, požáry, výpůjčky sdílených kol a jiné. Slezáková (2017) uvádí, že dominantní je nasazení heat-map pro bodové prvky. Metodu lze ale aplikovat i na liniové prvky. Jednou z možností je analýza využití cyklostezek nebo dopravní vytíženosti komunikací, na základě které se poté plánuje rozvoj další infrastruktury. Na obrázku č. 3 můžete vidět využití metody pro zobrazení četnosti sportovních aktivit sportovní aplikací Strava. Metoda se také používá pro vizualizaci hustoty autobusových linek na dané komunikaci. Nejméně časté je použití heat-map pro polygonové prvky, které jsou však v principu blíže kartogramu, resp. pseudokartogramu (Slezáková, 2017).



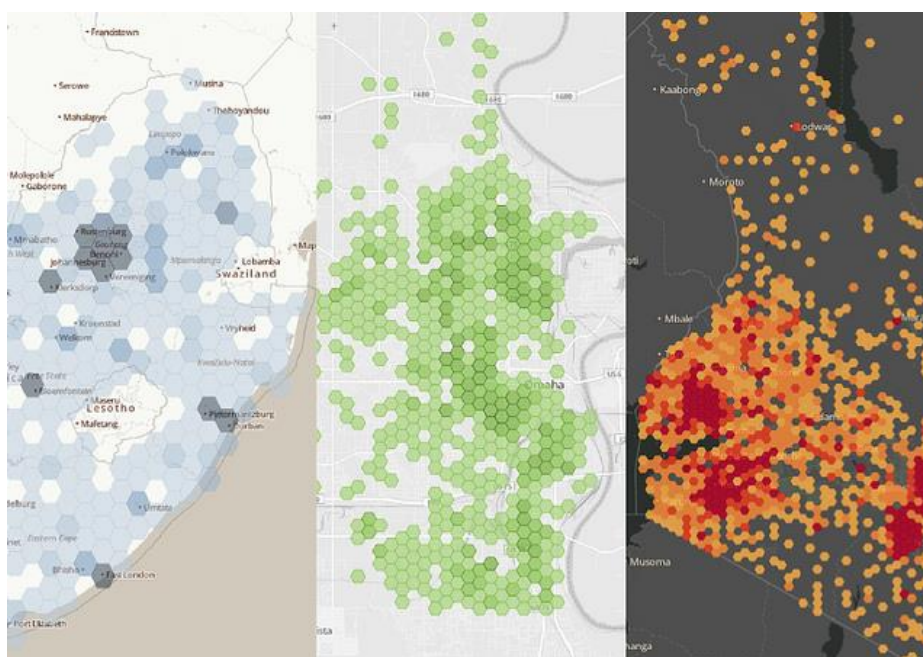


Obrázek 3: Využití heat-map pro zobrazení četnosti sportovních aktivit. (Strava, 2022)

Základními parametry, které určují výslednou vizualizaci, jsou rádius oblasti vlivu a barevná stupnice. Z totožných vstupních dat lze tedy získat různou konfiguraci těchto parametrů různé výstupy. Ty je pak možné interpretovat dle uvážení a ovlivnit tím (záměrně či nezáměrně) čtenáře. Metoda je vhodná pro mapy náhledové (podávající rychlý přehled o výskytu a hustotě sledovaného jevu včetně porovnávání, typicky v médiích). Naopak méně vhodná je pro vizualizace, kde je potřeba odečítat přesné konkrétní hodnoty a využívat je pro odvození závěrů (Neték, 2020). Ivan a Horák (2016) zmiňují roli subjektivity při interpretaci vizualizace jako základní nevýhodu heat-map.

### 1.1.2 Binning (metoda gridu)

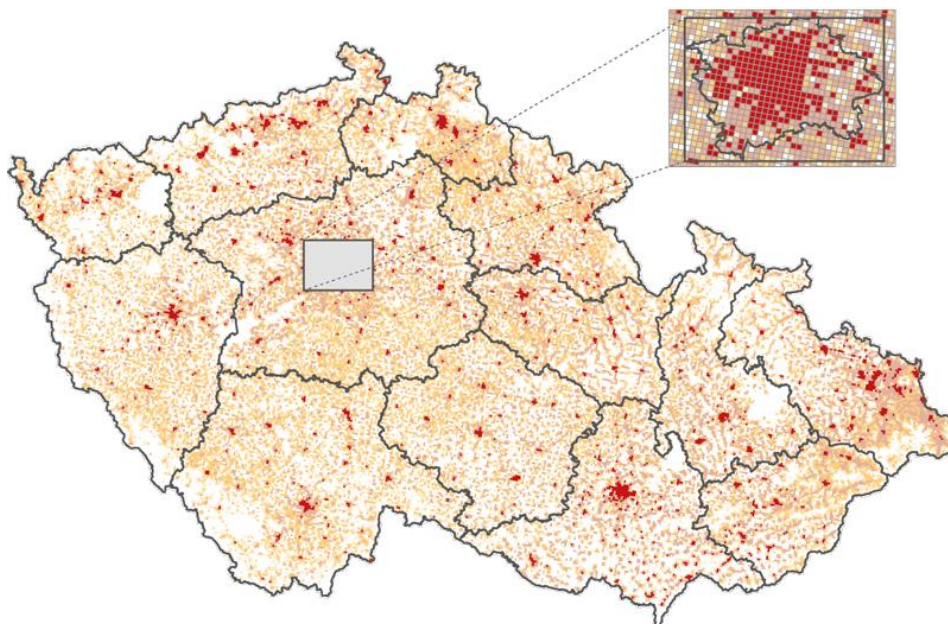
Binning je metoda vizualizace dat, která se rovněž používá pro znázornění hustoty jevu v daném prostoru. Jako český překlad tohoto termínu je používána metoda gridu. Principem je překrytí sledovaného území pravidelnou polygonovou sítí. Základním prvkem sítě jsou pak



Obrázek 4: Vizualizace pomocí metody gridu. (Pavliček, 2017)

jednotlivé buňky, které mohou nabývat různých geometrických tvarů. Jsou to například trojúhelníky, čtverce, kosočtverce, obdélníky nebo také hexagony, které jsou podle Pavlíčka (2017) mezi kartografy vůbec nejpoužívanější. Využití buněk ve tvaru hexagonů je vidět na obrázku č. 4.

Každá buňka sítě následně zastupuje všechny prvky, které se v ní nacházejí. Rozložení sledovaného jevu má v síti buněk odpovídat skutečné distribuci jevu v území. To je spojeno s velikostí buňky, která významně ovlivní výslednou reprezentaci. Příliš malá velikost může vést k izolaci jednotlivých sledovaných jevů a ke špatné rozlišitelnosti. Naopak příliš velká velikost seskupí sledovaný jev do jediné buňky a bude působit zkresleně a nic neříkajíc (Zajícová, 2017). K vizualizaci gridu se dá přistupovat dvěma způsoby. Prvním z nich je vizualizace statická, kdy se velikost buněk nemění v závislosti na změně měřítkové úrovně (resp. zoom-levelu). Tento způsob je triviální a podporuje ho většina mapových knihoven (Mapbox, ArcGIS Online, CARTO, aj.). Druhým typem je vizualizace dynamická. Při ní dochází k aktualizaci velikosti jednotlivých buněk a samozřejmě také zobrazených hodnot v závislosti na změně měřítka. Tento způsob už podporují jen některé mapové knihovny, například Mapbox nebo ArcGIS Online (Neték, 2020).



Obrázek 5: Počet obvykle bydlících osob v ČR (v gridové síti v rozlišení 1 km). (Klauda, 2016)

Dalším krokem je výpočet výsledné hodnoty jevu v každé z buněk. Tyto hodnoty jsou do gridu přiřazovány metodami agregace, disagregace anebo jejich vzájemnou kombinací v závislosti na tom, jaká data máme dostupná (Klauda, 2016). Metoda agregace je analytická metoda založená na tvorbě statistického souhrnu z bodových nebo polygonových zdrojových dat. Tato data jsou zpravidla přesně lokalizována. Dochází tedy k výpočtu vybraných statistických charakteristik (např. suma nebo průměr) sledovaných údajů v rámci zvoleného cílového území – buňky gridu a tato informace je jí pak předána (Zapletal, 2021). Druhým způsobem je metoda disagregace. Ta je naopak používána, pokud nejsou k dispozici přesně lokalizovaná podrobná data. Ke zpřesnění lokalizace je používáno ortofoto a jiná topografická data o území (Klauda, 2016). Nejčastěji se pro znázornění hodnoty buňky používá barevná kvantitativní stupnice, díky které lze snadno odečíst, jaké je rozložení hustoty jevu (Pavlíček, 2017).

Výhodou metody binningu je, že působí vizuálně zajímavě a atraktivně. Data prezentuje v jednoduché a generalizované formě. Může eliminovat chyby v původních datech. V neposlední řadě pak zajišťuje ochranu osobních údajů, kdy jsou pomocí agregace veškeré údaje v gridu

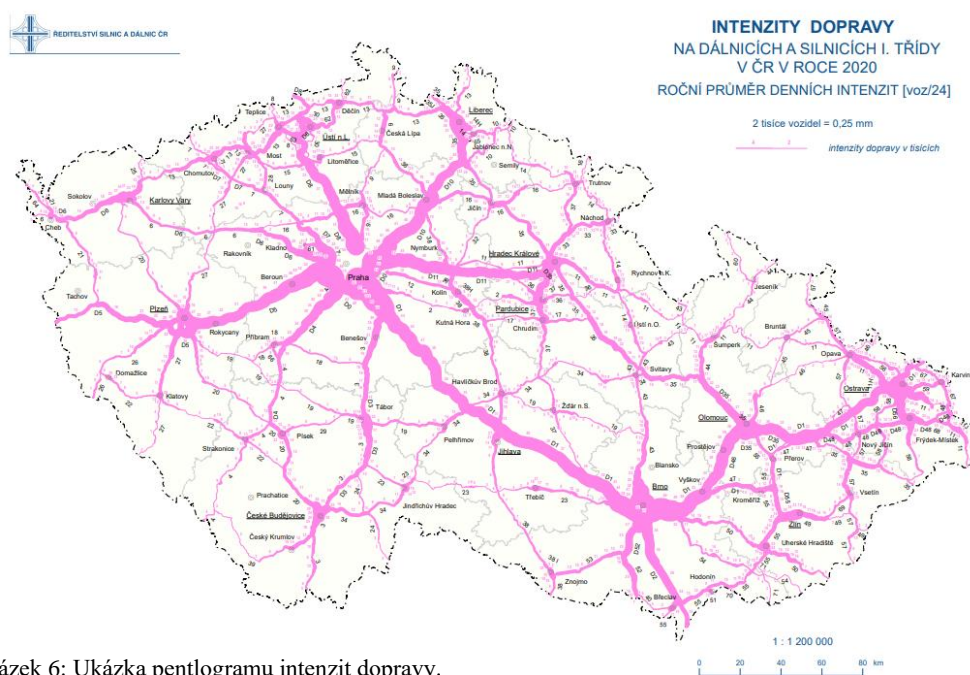


anonymizovány (Klauda, 2016). Metoda gridu se používá na vizualizaci objemných datových souborů, zejména statistických dat. Dále je vhodná zpracování demografických, zemědělských, sociálních, ekologických nebo technickoekonomických dat (Neték, 2020). Na obrázku č. 5 je vizualizace vytvořená Českým statistickým úřadem, je zde využita metoda gridu.

### 1.1.3 Metoda liniových kartodiagramů

Metoda kartodiagramů je používána pro zobrazení statistických údajů a vyjadřuje vždy hodnoty v absolutní podobě (Čerba, 2011). Kartodiagramy se obecně dělí na plošně lokalizované, liniově lokalizované a bodově lokalizované. V této práci budou popsány pouze ty liniové, jelikož jsou vhodné pro znázornění dopravních map a pohybu (Hohnová, 2019).

Velikost a dynamika jevu se zobrazují pomocí šířky liniového pásu a změnou šířky. Pro udání směru se používají šipky a kvalita a struktura je vyjádřena pomocí barvy nebo rastru. Důležitou součástí každého kartodiagramu je stupnice, resp. měřítko znaků a nejčastěji se uvádí v grafické formě. Můžeme se také setkat s jinými označeními jako například pásový, proužkový kartodiagram nebo pentlogram. V zahraniční literatuře se vyskytují pojmy jako flow maps nebo dynamic maps (Čerba, 2011). Metoda je vhodná pro vizualizaci dopravních nebo také hydrologických a meteorologických map, které zobrazují směr proudění jevu.



Obrázek 6: Ukázka pentlogramu intenzit dopravy. (Ředitelství silnic a dálnic, 2022)

Na obrázku č. 6 je ukázka vizualizace výsledků celostátního sčítání dopravy za rok 2020 Ředitelství silnic a dálnic. Dílo je označováno jako pentlogram intenzit dopravy a tento termín je zakořeněn i ve slovníku dopravní terminologie, projektu ministerstva dopravy. Jedná se o jednoduchý jednosměrný kartodiagram, který šířkou linie vyjadřuje hodnotu velikosti intenzity. Tato kartografická metoda se pro prezentaci výsledků dopravního sčítání využívá nejčastěji (Beran, 2016).

## 1.2 Analýzy

V této kapitole je popsán aktuální stav dostupných platforem pro analýzu tréninkových záznamů.

### 1.2.1 Agregáčn  statistiky

Agregačními statistikami jsou m n ny analýzy, které pak charakterizují trénink jako jeden celek. Jsou to například celkov  ura en  vzdálenost,  as, výstup nebo sestup, počet spálených kalorií, maxim ln  a pr m rn  rychlost, tempo nebo srdeční tep. Tyto analýzy poskytuje většina sportovních aplikací, slou ic ch k analýze tréninkových dat a jsou naprosto b ţn . Většina aplikací pak také poskytuje údaje o nejvyš  a nejni   dosa en  nadmořské výšce.

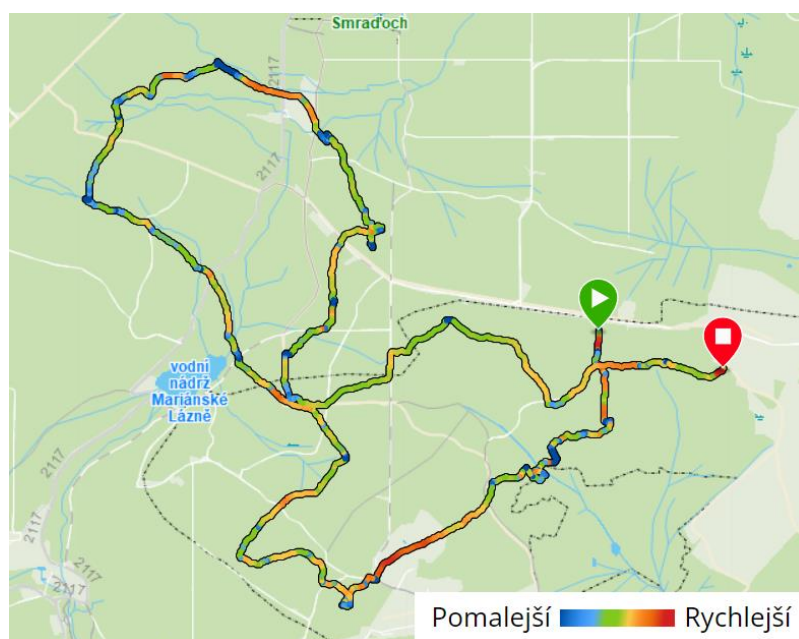
Více ojedin l  už je například tzv. relativn  úsilí, kter  je dostupn  v placen  verzi aplikace Strava. Tato hodnota reflektuje intenzitu tréninku a je inspirována konceptem TRIMP (TRaining IMPulse), jak uvádí Strava na svých stránkách. Další hodnotou je pr m rn  nebo maxim ln  výkon, který je nejpřesněji měření s využitím wattmetru. Strava tento údaj dokáže (velice) hrub  odhadnout i bez něj. GAP (Grade Adjusted Pace) je odhadovan  tempo, kter  by b  zec při stejn m úsilí dosáhl na rovině a je dostupn  pouze pro předplatitele.

Garmin Connect dokáže odhadnout, kolik mililitrů potu sportovec vypotil nebo průměrnou délku jeho kroku. Dále pak nabízí průměrnou a maxim ln  kadenci kroků.  as v jednotlivých zónách srdečního tepu poskytuje zdarma, zatímco ve Stravě je dostupn  jen pro předplatitele. Obdobou relativního úsilí je v aplikaci Garmin Connect tzv. Training effect. Další dostupnou analýzou je odhadovan  hodnota VO2max. Ta představuje maxim ln  objem kyslíku, kter  můžete spotřebovat za minutu na kilogram t lesn  hmotnosti při maximálním výkonu.

Takov to agregační statistiky nemusí být vztaženy na celou tréninkovou jednotku, ale i na jednotliv  úseky (například po 1 km). Výsledkem je pak detailn    charakteristika tréninku a jeho n pln . Do agregačních statistik je možné zařadit i součty. Ty se dějí provádět v rámci n jak   asov  jednotky, v rámci typu sportu nebo kombinovan . Například jsou dostupn  součty naběhaných kilometrů za měsíc, za rok nebo celkov . Opět se jedná o b  ţnou analýzu dostupnou ve většině sportovních aplikací. Tyto součty je také možné vykreslit do grafů anebo se dějí přepočítat do relativn  podoby, například pr m rn  počet ujetých km za týden.

## 1.2.2 Časové řady

Časové řady jsou základem pro všechny ostatní analýzy a jsou pořizovány (v závislosti na nastavení zařízení) v pravidelném nebo nepravidelném intervalu. Jsou to zejména aktuální rychlost, poloha, tepová frekvence, výkon, kadence nebo uražená vzdálenost a čas od začátku aktivity. Některá zařízení umí měřit i teplotu. Tato data se pak dále analyzují a vznikají z nich výše popsané agregační statistiky. Nejčastěji jsou vizualizovány přímo během aktivity na displeji zařízení anebo pomocí jednoduchých grafů, které zobrazí data z celé tréninkové jednotky a jejich průběh v závislosti na čase nebo vzdálenosti. Tyto grafy se přes sebe dají většinou volitelně překrývat. Další možností je způsob, který využívá Garmin Connect, kdy je trasa „obarvena“ podle aktuální rychlosti, srdečního tepu nebo nadmořské výšky, to je možné vidět na obrázku č. 7. Strava nabízí to samé, a navíc podle typu povrchu, teploty, výkonu nebo sklonu, opět ale pouze pro předplatitele. Z pohledu kartografie se jedná o líniový kartodiagram. Další časovou osou je vertikální rychlost, která charakterizuje stoupání nebo klesání v metrech za hodinu.

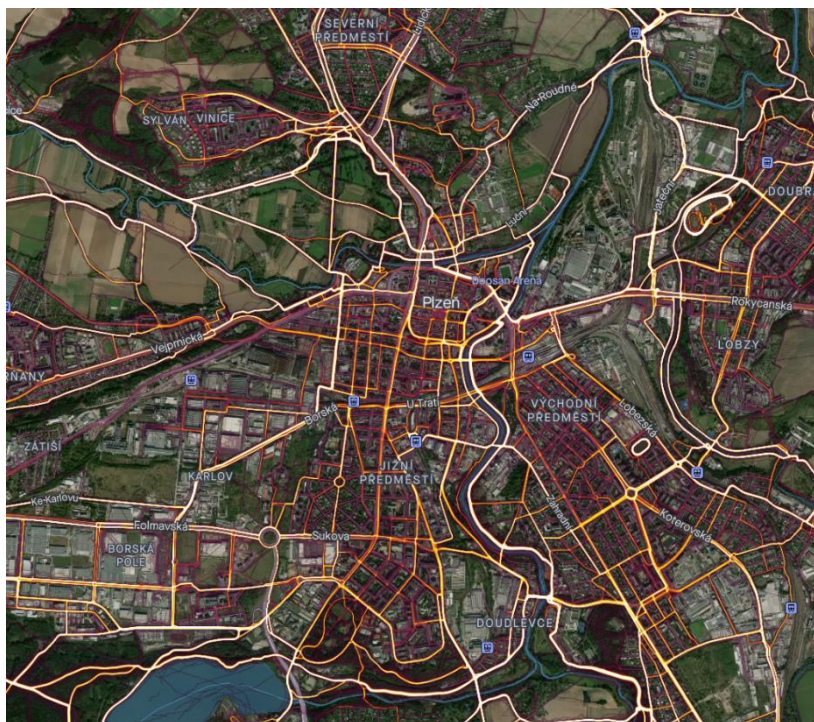


Obrázek 7: Vizualizace aktuální rychlosti v aplikaci Garmin Connect

## 1.2.3 Jiné analýzy

Analýza tréninku se dá provádět i pomocí tzv. segmentů. Jedná se o jakýsi „virtuální závod“ na daném úseku a měří se čas jeho překonání. To je vyhodnocováno ze záznamu polohy, nepřesnost GNSS měření je zde ošetřena danou tolerancí. Uživatel pak dostává informaci o svém čase. Dostupný je i graf s minulými výsledky, ze kterého je možné vyčíst rostoucí nebo klesající trend ve výkonnosti. Na veřejných segmentech se pak vede žebříček s celkovým pořadím, kde je možné se porovnat s ostatními sportovci. Žebříčky jsou pak dále členěny podle pohlaví, hmotnosti sportovce nebo věku. Segmenty podporuje Garmin Connect nebo Strava, která má systém více propracovaný, bohužel opět pro platící uživatele. Zajímavou možností jsou například tzv. Live Segments, kdy se daný segment nahraje do sportovního zařízení a je analyzován přímo v průběhu aktivity. Sportovec má pak možnost v reálném čase sledovat např. ztrátu na svůj nejlepší výsledek nebo na nejrychlejšího v celkovém pořadí.

Další dostupnou funkcí je již výše zmiňovaná Strava Global Heatmap (Obrázek č. 8). Ta zobrazuje četnosti sportovních aktivit pomocí metody liniové heat-map. Dá se v ní filtrovat typ aktivity na kolo, běh, vodní sporty a zimní sporty. Uživatel pak může vyhodnocovat nevhodnější cesty pro svůj trénink. Strava Global Heatmap je dostupná na: <https://www.strava.com/heatmap>. Garmin Connect nabízí obdobu s názvem Mapa oblíbenosti tras a také se jedná o metodu heat-map. Opět ale není tak propracovaná. Strava také nabízí vytvořit tuto vizualizaci i pro aktivity každého sportovce zvlášť, pouze ale pro předplatitele.



Obrázek 8: Strava Global Heatmap. (Strava, 2022)

Strava také nabízí tzv. Matched Activities, kdy algoritmus automaticky rozpozná, jestli už uživatel někdy běžel stejnou nebo podobnou trasu a pokud ano, nabídne jejich vzájemné porovnání.

### 1.2.4 Shrnutí

Sportovních aplikací je k dispozici velké množství a všechny obsahují podobné funkcionality. Nejrozšířenější a nejpropracovanější z nich je Strava, která do jisté míry funguje jako jakási sociální síť. Její hlavní nevýhodou je ovšem placená verze, do které je umístěno množství pokročilejších funkcí a analýz. Aplikace Garmin Connect pak nabízí zajímavé analýzy, ale problémem je u ní složité uživatelské prostředí, které někomu nemusí vyhovovat.

Endomondo nebo Runkeeper jsou jedny z prvních masově používaných sportovních aplikací. Dále pak proprietární aplikace od výrobců sportovních zařízení: Apple Health, Polar Flow, FitBit (Xiaomi), Samsung Health, Coros, Wahoo Fitness, TomTom Sports nebo Suunto. Tyto aplikace ale nepřinášejí nic nového. Je možné se setkat také s aplikací TrainingPeaks, která je využívána zejména profesionálními triatlonisty a cyklisty a je určena pro online coaching. Česká biatlonová reprezentace používá platformu Yarmill. Posledním příkladem je aplikace Tréninkáč, která byla vyvinuta přímo pro potřeby orientačních běžců.

Žádná z výše zmíněných sportovních aplikací neposkytuje možnost komplexního analyzování tréninkových dat se současným propojením v mapě.



## 1.3 Data

Data pro potřeby této práce byla měřena pomocí chytrých hodinek Garmin Vivoactive 3. Tyto hodinky obsahují akcelerometr, který snímá např. počty nachozených kroků nebo sleduje spánek. Dalším senzorem je barometr, který monitoruje atmosférický tlak a nadmořskou výšku. Z něj pak hodinky určují např. počet vystoupaných pater. Součástí je také teploměr. Nejdůležitějšími moduly jsou ale GNSS modul a snímač srdečního tepu, ze kterých pocházejí data, která byla vizualizována. Pomocí GNSS modulu jsou uváděné hodinky schopné přijímat signál z NAVSTAR GPS, GLONASS i Galileo. Při měření byl ovšem vybrán pouze NAVSTAR GPS kvůli úspoře energie. Dále pak obsahují optický senzor srdečního tepu.

### 1.3.1 Záznam GNSS

GNSS z anglického Global Navigation Satellite System je systém, který umožňuje prostorové určování přesné polohy za pomoci rádiových vln a používá se pro navigaci a zaměřování jednotlivých zařízení na naší planetě. Mezi hlavní Globální navigační satelitní systémy v současnosti řadíme NAVSTAR GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou.

NAVSTAR GPS je zkratka pro Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System. Je provozovaný Vesmírnými silami Spojených států amerických. V dnešní se jedná o nejrozšířenější globální navigační systém na světě. Je tvořen ze třech základních segmentů na kosmický segment, pozemní segment a uživatelský segment. GLONASS je zkratka pro Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema. Jedná se o GNSS provozovaný ruskou armádou. Stejně jako americký NAVSTAR GPS je jeho používání zpřístupněno široké veřejnosti, i přestože původní účel obou systémů bylo využití armádou. Struktura systému je téměř totožná s jeho americkým konkurentem. Dalším systémem je Galileo. Jedná se rovněž o GNSS a je provozován Evropskou unií, prostřednictvím Evropské kosmické agentury (ESA). Na rozdíl od předchozích dvou systémů byl od začátku určen pro civilní uživatele. Tento systém je nejmladší ze všech 3, a tak má od začátku všechny družice velice moderní. Ostatní systémy své družice obměňují postupně. Jejich modernější technologie se ovšem neprojeví, dokud nebude obměněna většina kosmického segmentu (Palla, 2012). Posledním zástupcem je čínský BeiDou.

### 1.3.2 Přesnost GNSS měření

Na přesnost určení polohy pomocí GNSS má vliv řada faktorů. Je ovlivněna například typem a kvalitou přijímače nebo skutečností, zda přijímač dokáže zpracovávat signály z více systémů GNSS najednou. Dále pak hraje roli počet a geometrické uspořádání viditelných družic. Důležitým faktorem jsou také vlivy působící na signál při průchodu od satelitů k přijímačům. Pro elektromagnetický signál platí zákony optiky. Při průchodu atmosférou tedy dochází k jevům jako je lom, rozptyl či ohyb, a to má za následek zpoždění signálu, díky kterému se pak určuje vzdálenost mezi družicí a přijímačem. Dalším vlivem na přesnost jsou chyby v efemeridách družic. Jedná se údaje o poloze jednotlivých družic. Mezi vlivy, které působí na GNSS signály v okolí přijímače řadíme interference signálů, vliv šumu na vstupu přijímače nebo mnohocestné šíření. To je způsobeno odrazem od pevných překážek (např. vysokých budov nebo v údolích). S tímto se potýkají také GNSS moduly ve sportovních zařízeních, zejména v zalesněných oblastech se přesnost rapidně snižuje. Problematikou se podrobně zabýval Jedlička (2012).

### 1.3.3 GNSS souřadnice

Globální polohovací systém pracuje s geocentrickým souřadnicovým systémem WGS-84 (World Geodetic System-1984). Poloha pro tento systém vychází ze zeměpisných souřadnic a výšky. Zeměpisná délka a šířka se udávají ve stupních. Určení výšky se vztahuje k referenčnímu elipsoidu, jehož střed leží ve středu Země. Jedná se tedy o normální ortometrickou výšku neboli výšku nad

elipsoidem. Tato výška se od nadmořské výšky nad geoidem může lišit i o desítky metrů. Je tedy nutné provést přepočítání. Současné GNSS přijímače řeší tyto převody automaticky (Mandlík, 2014).

### 1.3.4 Záznam tepové frekvence

Sledování tepové frekvence při sportu lze provádět dvěma způsoby. Prvním způsobem je hrudní pás, který dosahuje vyšších přesností. Funguje na principu jednopárové EKG (elektrokardiografie), kdy elektrickou aktivitu srdce sledují dvě elektrody. Nevýhodou může být svíravý pocit, který při nošení hrudního pásu mohou někteří pociťovat.

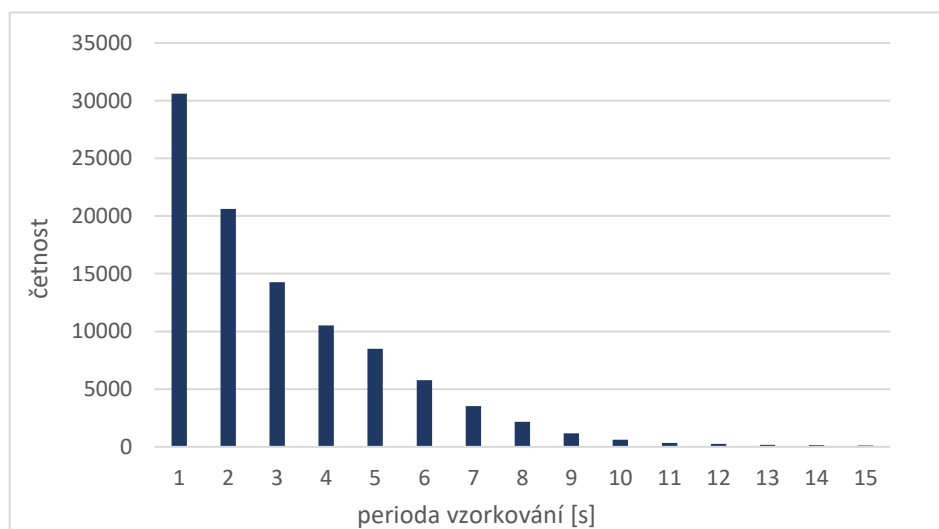
Druhou možností je sledování srdečního tepu ze zápěstí. Tato metoda funguje na úplně odlišném principu fotopletysmografie (PPG). Jedná se o LED diodu a optický snímač. Dioda prosvítí kůži a snímač zaznamenává drobné změny v proudění krve (v kapilárách pod nejsvrchnější vrstvou pokožky), měří tedy až sekundární jev způsobený aktivitou srdce. Výhodou tohoto řešení je pohodlí a kompaktnost. Optický snímač může mít problém například s odstínem kůže, tetováním nebo otřesy způsobenými špatným kontaktem snímače s pokožkou (Garmin A, 2022).

### 1.3.5 Frekvence vzorkování dat

Frekvence vzorkování znamená, jak často zařízení uloží svou polohu, srdeční tep, rychlost a další údaje. Tento parametr je velmi důležitý pro přesnost výstupu a pro jeho následnou analýzu. Garmin zařízení mají zpravidla dvě možnosti vzorkování dat.

První možností vzorkování je tzv. chytré nahrávání. Při tomto nastavení chytré hodinky detekují změny směru, rychlosti, srdeční frekvence nebo nadmořské výšky a zvýší frekvenci odečítaných bodů. Naopak pokud se žádné změny nedetekují, frekvenci vzorkování sníží. Bodů trasy je pak méně, to znamená, že zaberou méně paměti a umožňuje to uživateli delší dobu záznamu, díky úspoře energie, kterou by spotřeboval GNSS modul. Nevýhodou pak je ale přesnost a plynulost zaznamenané trasy. Snížení frekvence vzorkování bodů je také využíváno například ultramaratonci, kteří potřebují výdrž chytrých hodinek při sledování aktivity v řádu i několika dnů. Garmin tento režim nazývá UltraTrac a podporují ho pouze vyšší modely.

Druhou možností je tzv. nahrávání každou sekundu. Hodinky pak odečítají data každou sekundu bez ohledu na změnu směru, rychlosti atd. Využije se více paměti a baterie, ale záznam bude plynulejší. Výchozím nastavením je chytré nahrávání, ale u většiny zařízení se dá změnit (Garmin B, 2022).



Graf 1: Perioda vzorkování zaznamenaných bodů (na 100 000 bodů)

Pro sběr dat bylo nastaveno chytré nahrávání. V grafu č. 1 je zobrazena perioda vzorkování naměřených bodů (pro 100 000 bodů). Nejčtenější periodou mezi dvěma odečteními je i při chytrém nahrávání 1 sekunda. Bodů je aktuálně téměř 1,1 milionu a pochází z 570 aktivit.

### 1.3.6 Formáty dat

Formáty dat pocházejících ze sportovních chytrých hodinek se mohou lišit v rámci jednotlivých výrobců. Byly vybrány a popsány ty nejrozšířenější z nich. Jsou to formáty FIT, TCX, KML a GPX. Pro všechny formáty je ale stejná struktura dat, kdy je sledovaná trasa rozdělena na body, kdy GNSS modul odečetl své zeměpisné souřadnice a výšku, snímač tepu přidal aktuální tepovou frekvenci, popř. může být dodána ještě aktuální rychlost nebo vykonaná vzdálenost. Tato posloupnost bodů pak tvoří výsledný záznam aktivity a může být dále analyzována a interpretována.

#### Formát FIT (Flexible and Interoperable Data Transfer)

Jedná se o datový formát navržený speciálně pro ukládání a sdílení dat pocházejících ze sportovních a fitness zařízení (např. sportovní hodinky nebo hrudní snímač tepu). Nevýhodou může být nečitelnost pro člověka, protože formát FIT není založený na jazyku XML jako většina ostatních formátů. Výhodou je naopak široká paleta využití. Formát je podrobně definován na oficiálních stránkách: <https://developer.garmin.com/fit/overview/>.

#### Formát GPX (GPS Exchange Format)

Datový formát GPX (GPS Exchange Format) je založen na jazyku XML a slouží k uložení geografických dat. Základní verze GPX neumožňuje zahrnutí údajů o tepové frekvenci, kadenci, vzdálenosti nebo teplotě. Formát je otevřený a lze ho využívat bez nutnosti platit licenční poplatky. Jeho poslední verze je GPX 1.1, která byla vydána roku 2004 a podrobná dokumentace k ní dostupná na adrese: <https://www.topografix.com/gpx.asp>. Ukázka dat ve formátu GPX je na obrázku č. 9.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gpx creator="Garmin Connect" version="1.1"
  xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/1 http://www.topografix.com/GPX/1/1.xsd"
  xmlns:ns3="http://www.garmin.com/xmlschemas/TrackPointExtension/v1"
  xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:ns2="http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3">
  <metadata>
    <link href="connect.garmin.com">
      <text>Garmin Connect</text>
    </link>
    <time>2022-04-20T15:23:19.000Z</time>
  </metadata>
  <trk>
    <name>Plzeň Chůze</name>
    <type>walking</type>
    <trkseg>
      <trkpt lat="49.78241127915680408477783203125" lon="13.37162590585649013519287109375">
        <ele>360.600006103515625</ele>
        <time>2022-04-20T15:23:19.000Z</time>
        <extensions>
          <ns3:TrackPointExtension>
            <ns3:hr>108</ns3:hr>
          </ns3:TrackPointExtension>
        </extensions>
      </trkpt>
      <trkpt lat="49.78242116980254650115966796875" lon="13.37163336575031280517578125">
        <ele>360.79998779296875</ele>
        <time>2022-04-20T15:23:20.000Z</time>
        <extensions>
          <ns3:TrackPointExtension>
            <ns3:hr>108</ns3:hr>
          </ns3:TrackPointExtension>
        </extensions>
      </trkpt>
    </trkseg>
  </trk>
</gpx>
```

Obrázek 9: Ukázka dat ve formátu GPX.

#### Formát TCX (Training Center XML)

Formát TCX byl vyvinut společností Garmin jako součást jejich softwaru Training Center. Je postavený na metajazyku XML. Hlavním cílem tohoto formátu bylo rozšířit formát GPX o další data jako například kadence kroků nebo silový výkon. TCX také obsahuje funkci pro zařízení s „naváděním odboček“, které uživatelům umožňuje zobrazit směrové šipky na jejich zařízení.

Dokumentace k tomuto formátu je k dohledání na adrese:

<https://www8.garmin.com/xmlschemas/TrainingCenterDatabasev2.xsd>.

## Formát KML (Keyhole Markup Language)

Jedná se o formát souboru používaný k uložení geografických dat v aplikacích typu Google Earth (virtuální glóbus), Google Maps (webový mapový server) nebo Google Mobile. Jde o značkovací jazyk založený na standardu XML. Formát byl vyvinut firmou Keyhole, Inc. jako API pro její aplikaci Earth Viewer. Firma byla v roce 2004 odkoupena společností Google a Earth Viewer byl přejmenován na Google Earth. KML je ve verzi 2.2 mezinárodní standard spravovaný OGC (Open Geospatial Consortium, Inc.) (Developers.google.com, 2022). Dokumentace a příručka pro práci s tímto formátem uvádí Google na stránkách: <https://developers.google.com/kml>.

## 2 Implementace

Pro vizualizaci a analyzování tréninkových dat byla vybrána platforma GLayer. Hlavní motivace pro otestování této aplikace pro takovýto způsob využití bylo vizualizovat data moderní a inovativní formou s možností následných analýz. GLayer je platforma založená na akcelerovaných výpočtech na grafických kartách. Umožňuje interaktivní analýzu velkých dat nad mapou pomocí propojeného zobrazení v mapě, grafech a filtrech. Hlavní výhodou platformy je tedy rychlost výpočtu, možnost data filtrovat a doplňující grafy. Je používána například pro zobrazení intenzity dopravy v Plzni nebo pro vizualizaci a analýzu nehod, hurikánů nebo výpůjček sdílených kol. Ukázka s popisem prostředí platformy GLayer je v příloze. K vizualizaci dat využívá GLayer bodovou metodu heat-map.

### 2.1 Import dat do GLayer

Prvním krokem bylo data upravit do požadované formy tak, aby byly připravené pro následné nahrání do aplikace GLayer.

#### 2.1.1 Strava API

Data byla získávána přes API rozhraní sportovní aplikace Strava. Tento postup byl zvolen kvůli unifikaci dat. Strava sdružuje sportovce s různými typy zařízení od různých výrobců. Každý výrobce zařízení pro sledování sportovní aktivity má svou proprietární aplikaci, se kterou komunikuje samotné zařízení a synchronizují se do ní data. Příkladem může být platforma Garmin Connect pro zařízení Garmin, Apple Health pro zařízení Apple nebo Polar Flow pro zařízení značky Polar. Tyto aplikace mají každá své vlastní API rozhraní, které také umožňují přístup k datům. Každé ovšem funguje jinak a musel by se tak naprogramovat ke každému vlastní algoritmus, který by data získával.

Strava funguje tak, že data z proprietárních aplikací stahuje a unifikuje jejich formát. Umí komunikovat například s aplikacemi FitBit (Xiaomi), Garmin Connect, Sigma Sport, Samsung Health, Coros, Wahoo Fitness, TomTom Sports, Polar Flow nebo Lezyne Ally+. Není tedy potřeba studovat každé API rozhraní každé aplikace zvlášť. Stačí pouze jedno, které pokryje snad všechny nejznámější výrobce sportovních zařízení.

API rozhraní stravy je podrobně popsáno na stránkách: <https://developers.strava.com/>. Komunikace je zde omezena na 100 dotazů každých 15 minut a maximálně 1000 dotazů denně, a to i pro placenou verzi tzv. Strava Subscription. Nejprve bylo potřeba založit vlastní API aplikaci.

Následně získat tzv. refresh token a acces token, což jsou autentizační tokeny. Pro automatizaci stahování aktivit bylo použito programovacího jazyka Matlab.

Stážení dat obstarává funkce `getData()`. Tato funkce vrací proměnou typu `cell array`, ve které jsou obsažena všechna potřebná data. Funkce `getData()` komunikuje se Strava REST API a ukládá si stažená data do souboru `data.mat`. Ukládání dat je nutné kvůli omezení počtu dotazů. Pro komunikaci musí nejprve získat acces token, se kterým se následně může dotazovat API. Pak získá pomocí dotazu `getLoggedInAthleteActivities` seznam aktivit. Tento seznam se porovná s uloženými daty a následně se pomocí dotazu `getActivityStreams` stáhnou chybějící data.

## 2.1.2 Preprocessing

V dalším kroku bylo potřeba data připravit do požadované formy a exportovat do formátu CSV. Toto je vyřešeno opět funkcí v Matlabu, která postupně prochází strukturou aktivit, filtruje pouze ty vhodné a zapisuje bod po bodu do nového výstupního souboru. Každý řádek představuje 1 bod a obsahuje postupně atributy: ID aktivity, typ aktivity, souřadnice v systému WGS-84<sup>o</sup>, nadmořskou výšku [m n.m.], timestamp [s], srdeční tep [BPM], rychlost [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ], perioda mezi tímto a předchozím bodem [min], vzdálenost úseku mezi tímto a předchozím bodem [km] a atribut `key`, který bylo nutné přidat kvůli následnému importu do databáze a bude sloužit jako primární klíč. Ukázkou exportovaného souboru je možné vidět na obrázku č. 10.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	export2										
	id	type	y	x	altitude	time	heartrate	speed	delta_time	delta_dist...	key
	Number	Categorical	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number
4	7114974288	Ride	50.189048	12.742374	435.3	1652106670	85	14.88	0.033333	0.0087	3
5	7114974288	Ride	50.189121	12.742256	435.2	1652106672	84	17.28	0.033333	0.0116	4
6	7114974288	Ride	50.189168	12.742189	435.2	1652106673	84	19.73	0.016667	0.0071	5
7	7114974288	Ride	50.189327	12.741992	434.6	1652106676	82	24.84	0.050000	0.0227	6
8	7114974288	Ride	50.189386	12.741954	433.1	1652106677	81	26.57	0.016667	0.0071	7
9	7114974288	Ride	50.189444	12.741937	432.4	1652106678	81	26.21	0.016667	0.0066	8
10	7114974288	Ride	50.189530	12.741962	432.5	1652106680	83	23.71	0.033333	0.0097	9
11	7114974288	Ride	50.189555	12.741976	432.9	1652106681	83	18.86	0.016667	0.0028	10
12	7114974288	Ride	50.189606	12.741959	433.1	1652106683	81	13.32	0.033333	0.0060	11
13	7114974288	Ride	50.189628	12.741920	433.2	1652106684	82	13.32	0.016667	0.0037	12
14	7114974288	Ride	50.189652	12.741797	433.6	1652106686	81	13.68	0.033333	0.0093	13
15	7114974288	Ride	50.189656	12.741726	433.8	1652106687	81	14.46	0.016667	0.0051	14

Tabulka 1: Ukázka výstupního CSV souboru.

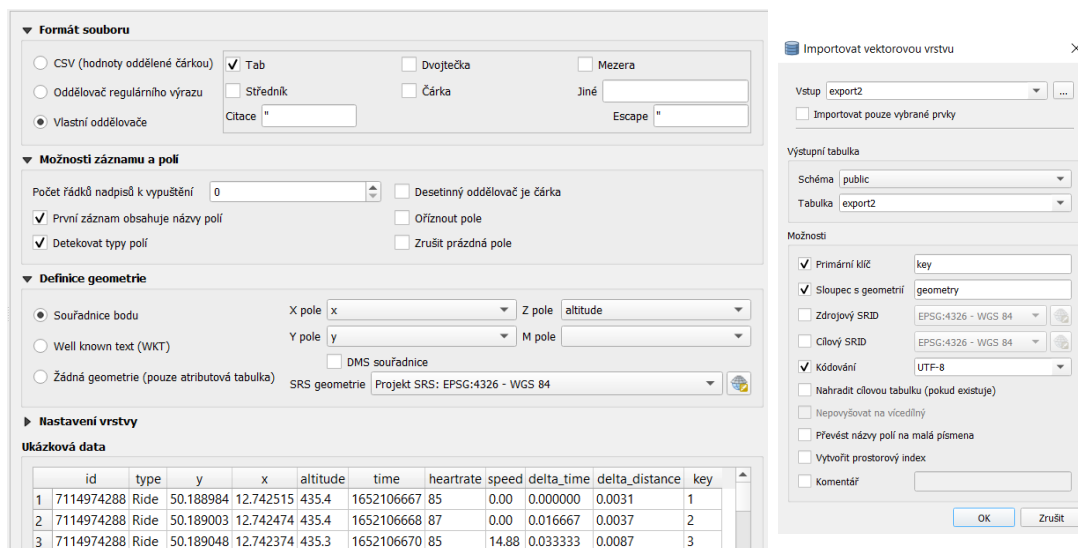
Prvním úkolem bylo převést čas do unixového systému času. Ten popisuje časové okamžiky jako počet sekund uplynulých od okamžiku koordinovaného světového času (UTC) 00:00:00 1. ledna 1970 a bez započítání přestupných sekund. Dalším úkolem bylo vyfiltrovat aktivity, které nemají prostorová data, jsou to například aktivity plavání nebo workout. Následujícím problémem byly okamžiky, kdy se hodinky zasekly a odečítaly za sebou velký počet bodů bez změny polohy. To pak ovlivňovalo výslednou vizualizaci a vznikaly místa s velkou četností bodů. Řešením bylo kontrolovat pro každý bod, jestli se jeho poloha nerovná poloze předchozího bodu. Jednotkou rychlosti byly původně  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  a jsou převedeny na  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Dalším atributem je `delta_time`, ten vyjadřuje periodu mezi dvěma po sobě jdoucími body. Je počítán jako čas tohoto bodu mínus čas předchozího bodu a ověřována je podmínka, jestli nepřekračuje zvolenou maximální periodu. Maximální perioda je nastavena na 12 vteřin. Tento postup ale nerozlišuje situace, kdy byla takto dlouhá perioda zvolená hodinkami a kdy se na danou periodu zastavil sportovec (např. na semaforu). Jednotky tohoto atributu jsou převedeny na minuty. Pokud perioda překročila tu maximální, byla nastavena na 0, tímto byly vyfiltrovány pauzy.

Následujícím atributem je `delta_distance`, jedná se o období `delta_time`. Vyjadřuje tedy délku úseku mezi dvěma po sobě jdoucími body a jednotkou jsou kilometry.

### 2.1.3 Import do PostgreSQL

V dalším kroku byla data exportována do databáze PostgreSQL, resp. PostGIS (nastavba, která přidává geografické prvky). Nejprve byl soubor CSV nahrán do programu QGIS. Byl přidán jako vrstva z textového souboru s oddělovači (obrázek č.10).



Obrázek 10: Přidání vrstvy a import do databáze – QGIS

Poté byla tato vrstva importována do databáze PostGIS na server, který hostuje platformu GLayer. To bylo provedeno přes Databáze-Správce databází-Importovat vrstvu/soubor. Primární klíč je určen jako atribut `key`. Do databáze bylo přístupováno pomocí administračního nástroje pgAdmin 4. Dále byla potřeba změnit datové typy jednotlivých atributů. K tomu slouží skupina příkazů viz. níže.

- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN altitude TYPE double precision USING altitude::double precision;`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN speed TYPE double precision USING speed::double precision;`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN heartrate TYPE integer USING heartrate::integer;`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN time TYPE bigint USING time::bigint;`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN time TYPE timestamp USING to_timestamp(time);`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN id TYPE bigint USING id::bigint;`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN delta_time TYPE double precision USING delta_time::double precision;`
- `ALTER TABLE export2 ALTER COLUMN delta_distance TYPE double precision USING delta_distance::double precision;`

## 2.2 Tvorba aplikace v GLayer

Základem je platformě GLayer zpřístupnit data. To se provádí pomocí nastavení tzv. datastore, který pak funguje jako spojník mezi datovým úložištěm a GLayerem. Aktuálně je možné datastore připojit na databázi PostgreSQL nebo ClickHouse. Dále je pak možné založit nový projekt. Projekt definuje, jak bude datová sada vizualizována, analyzována a filtrována.



Konfigurace projektu se dělí do třech hlavních částí: nastavení polí (záložka „fields“), nastavení mapy (záložka „map“) a nastavení grafů (záložka „charts“). Glayer pak agreguje jednotlivá pole a vytváří z nich grafy. Z grafů je pak možné data různě filtrovat a dál analyzovat pouze ta vybraná. Možné je také vybrat data jen z určité oblasti, kterou uživatel zadá. Data se dají filtrovat i podle aktuálně zobrazeného okna.

V nastavení polí (záložka „fields“) se z datového úložiště prostřednictvím datastore přebírají jednotlivé atributy každého bodu. Na výběr je 5 typů těchto polí. Každému poli se musí přiřadit unikátní ID, podle kterého bude uloženo. Dále také název zdrojového sloupce v datovém úložišti a jeho datový typ. Položka „Number of bins“ ovlivňuje jemnost členění stupnice daného atributu v grafech.

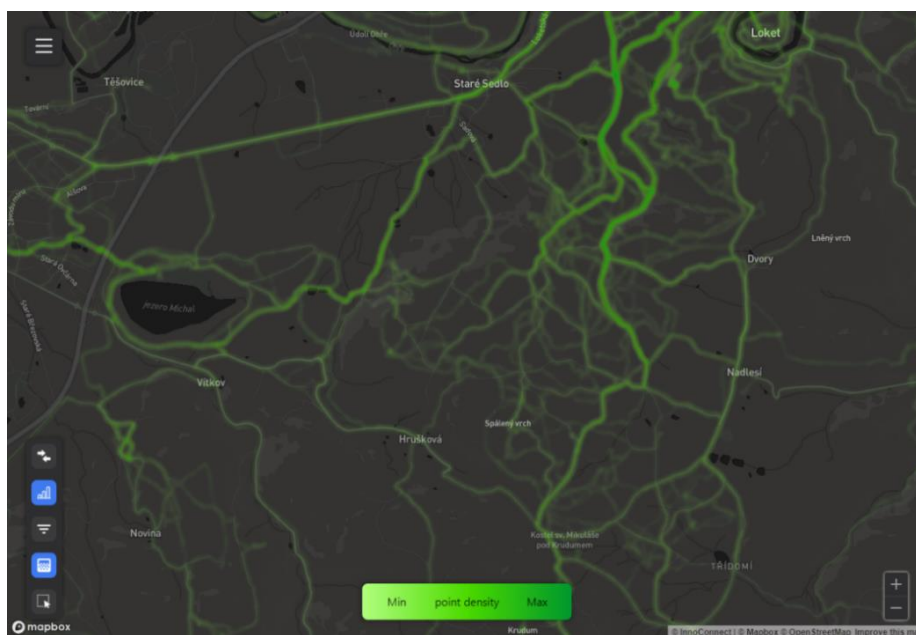
Záložka „map“ pak slouží k nastavení výsledné vizualizace, například je to nastavení barevné stupnice a legendy k ní. Barevná stupnice je dána pomocí tří barev, které tvoří výsledný barevný přechod. Dále je zde i nastavení rádiusu oblasti vlivu nebo hlavní titulek.

Poslední záložka je nastavení grafů. Platforma GLayer aktuálně nabízí 7 druhů grafů. Opět je zde nutné přiřadit každému grafu jedinečné ID. Konfigurují se zde různé popisky, důležitá je volba zdrojových polí pro obě osy grafu. Volba stupnice osy y může být lineární, logaritmická nebo dynamická. Je také nutné nastavit typ agregační funkce pro data na ose y, ta může počítat jejich počet (bodů), součet, průměr, minimum nebo maximum. Podrobná dokumentace je dostupná na stránkách: <https://innconnect.net/docs/glayer/>.

V projektu bylo využito typu polí:

- GeometryField (pro geometrii)
- LinearField (pro atributy jako srdeční tep nebo rychlost)
- OrdinalField (pro měsíc, rok nebo typ aktivity)

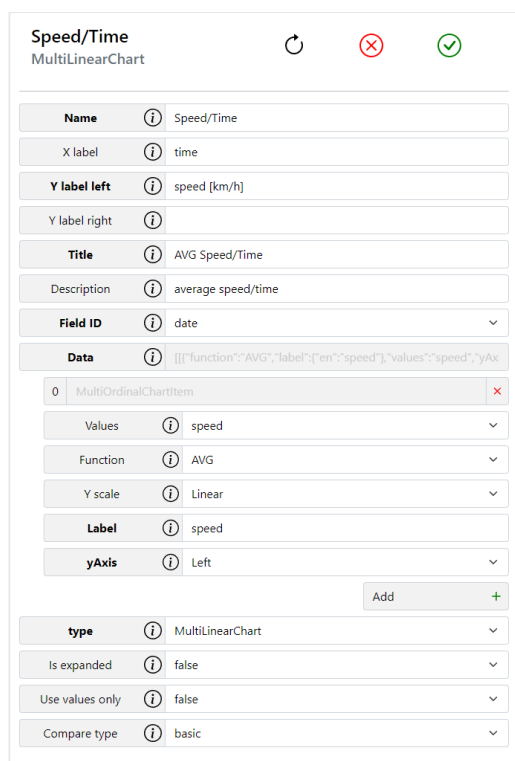
Rádus byl nastaven na velikost 15 tak, aby ve výsledné vizualizaci byla dostatečně patrná členitost nejvyužívanějších cest. V průběhu času bylo otestováno velké množství barevných kombinací pro barevnou stupnici vizualizace. Nakonec byla zvolena tato. Jedná se o kvantitativní konvergentní jednobarevnou stupnici od světle zelené po tmavě zelenou. Při jejím použití je



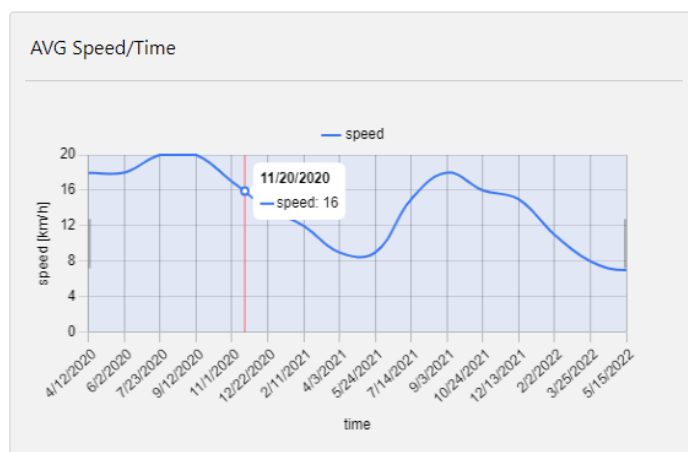
Obrázek 11: Použitá barevná stupnice – GLayer

z vizualizace jasně patrné, které cesty jsou nejpoužívanější a které jsou používány méně. Tuto barevnou stupnici je vhodné používat s tzv. dark módem. Ukázka vizualizace je na obrázku č. 11. Otázkou výběru barevných stupnic pro metodu heat-map se ve své práci zabývala Slezáková (2017). Velice důležitý je pro výslednou vizualizaci tzv. scale, ten se nastavuje v pokročilém nastavení a mění výpočet intenzity jevu. Vypočtená hodnota intenzity jevu je pak umocněna na zadaný scale. Díky tomu jsou pak výraznější i místa s menší četností bodů. Scale byl nastaven na 0,6.

V této práci bylo využito pouze dvou typů grafů, a to MultiLinear a MultiOrdinal chart. Pro příklad je zde popsáno vytvoření grafu, který zobrazuje, jak se v čase měnila průměrná rychlost (obrázek č. 12). Jedná se tedy o tzv. MultiLinearChart.



Obrázek 12: Konfigurace grafu – GLayer

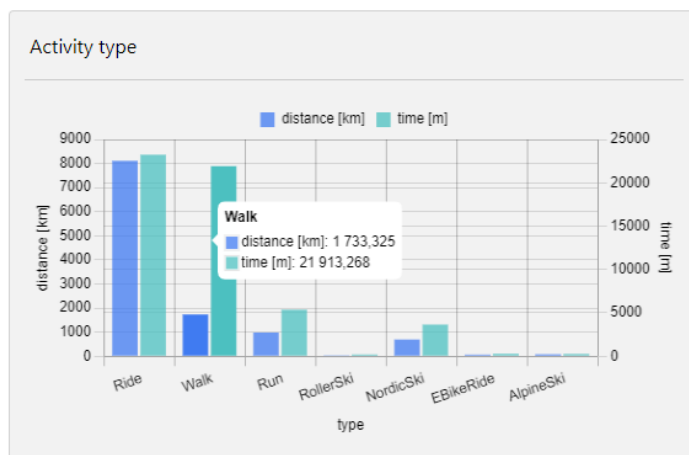


Obrázek 13: Ukázka výsledného grafu – GLayer

Do položky „FieldID“ se nastaví pole, jež představuje atribut, který má figurovat na ose x (v tomto případě date) a za „Values“ pole na osu y (v tomto případě speed). V položce Function byla vybrána funkce AVG jako průměr. Stupnice osy y je ponechána lineární. Tento graf by se dal využít například, kdybychom chtěli vidět rostoucí nebo klesající výkonost v daném úseku kopce. Bohužel už se nedá rozlišit, kdy jel sportovec z kopce dolů a kdy nahoru. Museli bychom například pomocí grafu rychlosti vyfiltrovat jen body s rychlostí nižší než zadanou rychlostí, abychom graf neměli zkršený jízdami z kopce. Výsledný graf je na obrázku č. 13.



Celkem bylo nakonfigurováno 11 grafů. A byly to například uplynulá doba v závislosti na typu aktivity nebo nadmořské výšce, uplynulá doba v závislosti na datu, na rychlosti, na srdečním tepu. Dále pak grafy kombinované. To znamená, že na jedné straně figuruje osa pro uplynulý čas a na druhé straně osa pro uraženou vzdálenost (obrázek č. 14). Tyto grafy byly konfigurovány v závislosti na typu aktivity, na roce, měsíci, dni v týdnu a hodině ve dni. Následuje průměrná rychlost v závislosti na datu a průměrný srdeční tep v závislosti na nadmořské výšce.



Obrázek 14: Ukázka kombinovaného grafu – GLayer

### 3 Testování

Nejdříve je nutné uvést, že platforma GLayer je ve fázi vývoje a během testování byla dokonce několikrát aktualizována, postupně jsou přidávány nové funkce, možnosti a jsou odstraňovány nedokonalosti.

Prvním problémem bylo nastavení barevné stupnice vizualizace. Ta se určuje pomocí tří zadaných barev, které tvoří barevný přechod. Chybějí zde nějaké předdefinované barevné stupnice, které by uživateli také ulehčily práci. Vhodný by byl také náhled, jak bude celý barevný přechod, popř. celá vizualizace vypadat.

Chybělo zde například také rychlé přepínání závislosti grafů ve výsledné vizualizaci. Většina sportovních aplikací umožňuje alespoň volbu závislosti na čase nebo na vzdálenosti. Například se jedná o graf nadmořské výšky, který je doplněn „přepínačem“ závislosti na čase a na vzdálenosti. Tento problém je v GLayeru řešen grafem kombinovaným.

Obecným problémem je použití bodové metody heat-map. Intenzita jevu metody heat-map reprezentuje, kolikrát se sportovec na daném místě objevil. To se ovšem problematicky vizualizuje, protože máme k dispozici pouze body odečtené sportovním zařízením v nějaké dané periodě, popř. periodu mezi nimi. Dostupná není kontinuální trasa, ale pouze tyto body, ze kterých se pak výsledná intenzita jevu počítá. Roli zde totiž hraje i rychlost pohybu sportovce.

Pro příklad si představme dvě cesty vedle sebe, po jedné sportovec projede na kole rychlostí 20 km/h a po druhé sportovec poběží rychlostí 12 km/h. Perioda mezi odečteními souřadnic bude jedna vteřina a cesta bude dlouhá jeden kilometr. Sportovec na kole tento úsek ujede za 3 minuty a jeho aktivita bude reprezentována 180 body. Běžec tuto trasu zdolá za 5 minut a jeho aktivita bude reprezentována 300 body. Když pak tyto dvě aktivity vizualizujeme pomocí bodové metody heat-map, intenzita jevu na trase běžce bude vyšší, protože jeho aktivitu reprezentuje mnohem více bodů.

Pro aktivity stejného typu to takový problém není, ale pro různé typy aktivity, zejména při velkých rozdílech průměrných rychlostí (například kolo a chůze), to problém být může.

Problémem je také různá perioda vzorkování dat. Tam, kde je perioda nižší (např. v zatáčkách, kde akcelerometr zaznamená změnu směru) bude mnohem více bodů než na rovných úsecích. Tím bude výsledná vizualizace ovlivněna také. Dalo by se tomu předejít například zavedením váhy každého bodu jako periody vzorkování. Bod s periodou od předchozího bodu pět vteřin by měl zkrátka pro výpočet intenzity jevu vyšší váhu než bod s periodou jedna vteřina. GLayer tuto možnost v aktuální verzi nepodporuje.

Důležité je brát tedy na vědomí, že vizualizace nezobrazuje, kolikrát sportovec danou trasu projel nebo proběhl, ale kolik času v dané oblasti strávil. Grafy tímto problémem netrpí, protože zde bylo využito atributů `delta_time` a `delta_distance`. Problém s vizualizací by byl vyřešen, kdyby se přešlo na liniovou metodu `heat-map`, kterou GLayer experimentálně podporuje.

## 4 Závěr a zhodnocení

V této bakalářské práci byla provedena rešerše aktuálně masově používaných analýz a platforem, které se pro tuto analýzu dat pocházejících z tréninku využívají. Dále byly popsány vizualizační metody vhodné pro globální zobrazení tréninkových záznamů.

Pro tyto účely byla otestována platforma GLayer, která navíc přináší možnost globální analýzy dat se současným propojením a vizualizací v mapě. Hlavní výhodou platformy oproti ostatním aplikacím je rychlost výpočtu, možnost data filtrovat a doplňující grafy. Benefitem je také dynamika metody heat-map, která u ostatních aplikací není dostupná (přepočítává se podle aktuálně zobrazeného okna). Přínosem práce bylo také získání nových vědomostí a jiných teoretických poznatků z dané oblasti.

Platforma GLayer se ukázala jako nástroj vhodný pro vizualizaci a analýzu tréninkových záznamů. Poskytuje uživateli nové možnosti a typy analýz. Problémem by mohl být charakter bodové metody heat-map, který má své nevýhody a limity. Zejména je potřeba vizualizaci správně interpretovat. Vizualizace neříká, kolikrát sportovec danou trasu projel nebo proběhl, ale kolik času v dané oblasti strávil. Grafy fungují jako vhodné oživení a doplnění k hlavní vizualizaci. Jsou také základním zdrojem analýz.

Projekt by se dal dále rozšířit o použití liniové metody heat-map pro ten samý účel, která by také stála za otestování. Tuto metodu navíc poskytuje stejná platforma GLayer. V rámci této práce už pro ni nezbyl časový prostor.

## 5 Literatura

- Aktuální počasí. [obrázek] In: Meteocentrum.cz [online].2022 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/aktualni-pocasi>
- BERAN, Daniel. Analýzy dopravně inženýrských dat v serverovém prostředí. Plzeň, 2016. Dostupné také z: [https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/23760/1/Daniel\\_Beran\\_BP\\_2016.pdf](https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/23760/1/Daniel_Beran_BP_2016.pdf). Západočeská univerzita.
- BIRKETT, Alex. F-Patterns No More: How People View Google & Bing Search Results. [obrázek] In: Cxl.com [online]. 2016 [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://cxl.com/blog/how-people-view-search-results/>
- ČERBA, Otakar. Přednášky z předmětu Tematická kartografie. [online] Západočeská univerzita. 2011. Dostupné z URL: <http://old.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/>
- Garmin A. Přesnost měření optického snímače tepu. In: Garmin.com [online]. 2022 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://support.garmin.com/cs-CZ/?faq=xQwjQjzUew4BF1GYcusE59>
- Garmin B. What Is Smart Recording vs. Every Second Recording on a Garmin Fitness Device? [online]. 2022 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://support.garmin.com/en-US/?faq=s4w6kZmbmK0P6l20SgpW28>
- HOHNOVÁ, Andrea. Netradiční podoby kartodiagramů a možnosti jejich konstrukce. Olomouc, 2019. Dostupné také z: <https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/hohnova19/download/DPHohnova.pdf>. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Intenzity dopravy. [obrázek] In: Ředitelství silnic a dálnic [online]. 2022 [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: [https://www.rsd.cz/documents/20125/44246/pentlogram\\_A3\\_2020+%281%29.jpg?t=1643205049873](https://www.rsd.cz/documents/20125/44246/pentlogram_A3_2020+%281%29.jpg?t=1643205049873)
- IVAN, Igor; HORÁK, Jiří. Metodika identifikace anomálních lokalit kriminality pomocí jádrových odhadů. Certifikovaná metodika. MV ČR, 2015. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/303820957\\_Metodika\\_identifikace\\_anomalnich\\_lokalit\\_kriminality\\_pomoci\\_jadrovych\\_odhadu](https://www.researchgate.net/publication/303820957_Metodika_identifikace_anomalnich_lokalit_kriminality_pomoci_jadrovych_odhadu).
- JEDLIČKA, Jakub. Analýza vlivů působících na signály GPS a jejich dopady na výslednou chybu vypočtené polohy. Plzeň, 2012. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/11025/2326>. Diplomová práce. ZČU FEL.
- KLAUDA, Petr. Prostorově určená statistická data. In: Statistika a my-Magazín českého statistického úřadu [online]. 2016 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.statistikaamy.cz/2016/05/24/prostorove-urcena-statisticka-data/>
- MANDLÍK, Radek. Využití GPS systému v profesní přípravě bezpečnostních složek. Brno, 2014. Dostupné také z: [https://is.muni.cz/th/n7vaq/BP\\_RM.pdf](https://is.muni.cz/th/n7vaq/BP_RM.pdf). Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.

- MATAS, Jan. VYUŽITÍ MODERNÍCH MONITOROVACÍCH PROSTŘEDKŮ A JEJICH KOMPARACE PŘI EVIDENCI SPORTOVNÍHO TRÉNINKU. Plzeň, 2017. Dostupné také z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/27069/1/DP%20-%20Jan%20Matas.pdf>
- NÉTEK, Rostislav. Webová kartografie: specifika tvorby interaktivních map na webu. <https://theses.cz/id/s5bqu6/webkar.pdf>. Univerzita Palackého v Olomouci, 2020.
- OTTE, Adéla. In-Door analýza pohybu. Brno., 2007. Dostupné také z: [https://is.muni.cz/th/fgu6d/Indoor\\_analyza\\_pohybu.pdf](https://is.muni.cz/th/fgu6d/Indoor_analyza_pohybu.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- PALLA, Miroslav. Srovnání globálních navigačních satelitních systémů GPS, GALILEO, GLONASS. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 90 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/23413>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav bezpečnostního inženýrství. Vedoucí práce Pálka, Jiří.
- PAVLÍČEK, František. Tvorba map v gridové struktuře v QGIS. In: Gisportal.cz [online]. 2017 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://gisportal.cz/tvorba-map-v-gridove-strukture-v-qgis/>
- SLEZÁKOVÁ, Renáta. SPECIFIKACE NASAZENÍ METODY "HEAT-MAP" VE WEBOVÉ I ANALOGOVÉ KARTOGRAFII. Olomouc, 2017. Dostupné také z: [https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/slezakova17/download/renata\\_slezakova\\_DP.pdf](https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/slezakova17/download/renata_slezakova_DP.pdf). Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Strava Global Heatmap. [obrázek] In: Strava.com [online]. 2022 [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.strava.com/heatmap#4.06/3.70815/49.83455/hot/all>
- What is KML?. Developers.google.com [online]. 2022 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://developers.google.com/kml>
- ZAJÍCOVÁ, Hana. Bakalářská práce: Srovnání prostorové reprezentace adresních bodů – grid/areály [online]. 2017. [cit. 2019-01-30] Dostupné také z: [http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/zajicova17/files/Zajicova\\_BP.pdf](http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/zajicova17/files/Zajicova_BP.pdf)
- ZAPLETAL, Jan. AGREGAČNÍ A DISAGREGAČNÍ METODY V ARCGIS PRO. Olomouc, 2021. Dostupné také z: [https://theses.cz/id/9492m0/Zapletal\\_DP.pdf](https://theses.cz/id/9492m0/Zapletal_DP.pdf). Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

