

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

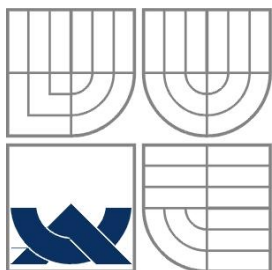
SOFTWARE PRO UŽIVATELSKÉ ZPRACOVÁNÍ  
GPS ÚDAJŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

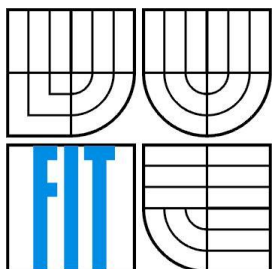
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

PAVEL KOHOUTEK

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

# SOFTWARE PRO UŽIVATELSKÉ ZPRACOVÁNÍ GPS ÚDAJŮ

GPS DATA PROCESSING SOFTWARE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL KOHOUTEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. JAN VÁŇA

BRNO 2010

## **Abstrakt**

Práce se zabývá návrhem a implementací aplikace pro zpracování údajů o prošlých trasách ve formátu GPX. Aplikace zobrazuje trasu na mapových podkladech, umožňuje její editaci, pojmenování trasových bodů a přiřazení fotografií. O trase poskytuje řadu statistických údajů včetně grafů výškového a rychlostního profilu. Aplikace také nabízí možnost sestavit a vygenerovat prezentaci obsahující fotografie a snímky mapy. Teoretická část práce pojednává o systému GPS, způsobu záznamu trasy, o mapových podkladech a o návrhu aplikace. Cílem praktické části je pak navržené řešení implementovat a otestovat.

## **Abstract**

The aim of the thesis is to suggest and implement an application for processing data about absolved tracks in GPX format. The application displays tracks on map layers, offering the possibility of editing the tracks, naming points on the tracks and adding photographs. A whole scale of statistic data is available for each track, including elevation and speed profile graph. Moreover, the application enables users to prepare and generate a presentation including photographs and map screenshots. The theoretical part of the thesis deals with GPS navigation system, ways of recording routes (tracks), map data and application suggestion. The aim of the practical part is to implement the suggested solution and test it.

## **Klíčová slova**

GPS, GPX, trasy, Google Maps, Mercatorovo zobrazení, ZedGraph, OpenXML, prezentace

## **Keywords**

GPS, GPX, tracks, Google Maps, Mercator projection, ZedGraph, OpenXML, presentation

## **Citace**

Kohoutek Pavel: Software pro uživatelské zpracování GPS údajů, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2010.

# Software pro uživatelské zpracování GPS údajů

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Váni. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....  
Pavel Kohoutek  
18. května 2010

## Poděkování

Poděkování patří vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Váňovi za ochotu a užitečné rady při zpracování této práce.

© Pavel Kohoutek, 2010

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.*

# Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Úvod.....                                 | 3  |
| 2     | Cíle projektu.....                        | 4  |
| 2.1   | Možnosti zpracování tras.....             | 4  |
| 2.2   | Stanovení cílů.....                       | 5  |
| 3     | Teoretický rozbor.....                    | 6  |
| 3.1   | Systém GPS.....                           | 6  |
| 3.1.1 | Historický vývoj systému.....             | 6  |
| 3.1.2 | Signály družic.....                       | 7  |
| 3.1.3 | Zjištění aktuální polohy.....             | 7  |
| 3.1.4 | Omezení a přesnost GPS.....               | 9  |
| 3.2   | Záznam trasy.....                         | 10 |
| 3.2.1 | Formát GPX.....                           | 10 |
| 3.2.2 | Nastavení přístroje.....                  | 10 |
| 3.3   | Mapové podklady.....                      | 11 |
| 3.3.1 | Použité mapové zobrazení.....             | 12 |
| 4     | Návrh aplikace.....                       | 13 |
| 4.1   | Návrh uživatelského rozhraní.....         | 13 |
| 4.1.1 | Hlavní menu.....                          | 14 |
| 4.2   | Zobrazení trasy.....                      | 15 |
| 4.2.1 | Mapové podklady.....                      | 15 |
| 4.2.2 | Vykreslení trasy, názvů a fotografií..... | 16 |
| 4.2.3 | Ovládání mapy.....                        | 16 |
| 4.3   | Úpravy trasy.....                         | 17 |
| 4.3.1 | Hromadné přidání fotografií.....          | 18 |
| 4.4   | Grafy a statistiky.....                   | 19 |
| 4.5   | Sestavení prezentace.....                 | 20 |
| 4.5.1 | Vytvoření snímku mapy.....                | 23 |
| 5     | Implementace.....                         | 24 |
| 5.1   | Objektový model.....                      | 24 |
| 5.2   | Implementace funkcí programu.....         | 25 |
| 5.2.1 | Čtení a zápis GPX formátu.....            | 25 |
| 5.2.2 | Mapa.....                                 | 26 |
| 5.2.3 | Hromadné přidání fotografií.....          | 28 |
| 5.2.4 | Statistiky a grafy.....                   | 28 |

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 5.2.5 | Generování prezentace.....      | 30 |
| 6     | Testování.....                  | 31 |
| 6.1   | Přesnost určení polohy.....     | 31 |
| 6.2   | Statistiky trasy .....          | 32 |
| 7     | Závěr .....                     | 34 |
|       | Literatura .....                | 35 |
|       | Seznam příloh.....              | 36 |
|       | Příloha A. Ukázky aplikace..... | 37 |
|       | Příloha B. Obsah CD .....       | 38 |

# 1 Úvod

V dnešním globálně propojeném světě roste potřeba cestování a s tím i kvalitní navigace. S rozvojem výpočetní techniky a techniky vůbec získáváme v tomto oboru mnohem více možností. Dřívější cestování pomocí kompasu a mapy dnes již téměř úplně nahradila satelitní navigace GPS. Systém GPS tvoří satelity na oběžné dráze Země a přijímače, které přijímají signál ze satelitů. Na základě vyhodnocení těchto signálů určí svoji pozici s přesností až na jednotky metrů.

Cílem této práce je navrhnout a vytvořit grafickou aplikaci, která bude zpracovávat data z GPS přístrojů o prošlé trase. Trasu vyznačenou na mapovém podkladu bude možné upravovat, odebírat body z trasy, přiřazovat k bodům názvy a fotografie. Pro efektivnější přiřazení většího množství fotografií k trase bude aplikace umožňovat automaticky najít pozici, kde byla fotografie pořízena, a přiřadit jednotlivé fotografie ke správným bodům. Data o trase bude aplikace získávat ze souboru standardního otevřeného formátu GPX, který používá většina GPS přístrojů k záznamu trasy. Do stejného formátu bude ukládat upravenou trasu, včetně jmen bodů a přiřazených fotografií. Dalším výstupem aplikace bude možnost generovat prezentaci v Open XML formátu pptx obsahující zejména fotografie a snímky mapy.

V následující kapitole rozebereme podrobněji jednotlivé možnosti zpracování záznamů tras, vybereme a stanovíme cíle tohoto projektu. Zaměříme se na cílovou skupinu uživatelů, pro které bude aplikace určena, a stanovíme, jaké funkce musí aplikace mít, aby byla uživatelům užitečná.

Ve třetí kapitole nazvané Teoretický rozbor se blíže seznámíme se systémem GPS a jeho vlastnostmi, které je dobré znát pro správné pochopení funkčnosti aplikace. Rozebereme zde podrobně také formát GPX, do kterého GPS přístroje ukládají data o prošlých trasách. Zmíníme se také o nastavení GPS přístrojů – jaká omezení plynou z některých nastavení a podobně.

Návrh aplikace bude popsán ve čtvrté kapitole, v níž se dozvíme, jak bude celá aplikace vypadat a jaké funkce bude nabízet. Stručně si popíšeme, jak některé funkce pracují a jaké prostředky použijeme pro jejich implementaci. Podrobně se na tuto problematiku zaměříme v páté kapitole Implementace. Zmíníme také řadu problémů, které se během implementace objevily a jak byly vyřešeny.

Provedení testů aplikace a jejich vyhodnocení se věnuje kapitola šestá.

## 2 Cíle projektu

Cílem tohoto projektu je seznámit se se systémem GPS, zejména s možnostmi ukládání prošlých tras, a navrhnout, jak tato data vhodně zpracovat. Se systémem GPS a záznamem trasy se seznámíme v následující kapitole Teoretický rozbor. V této kapitole se zaměříme zejména na to, jaké jsou možnosti zpracování dat z prošlých tras, a k čemu a pro koho mohou být využitelné. Stanovíme, jaké využití bude mít výsledná aplikace a pro jaký okruh uživatelů bude určena.

### 2.1 Možnosti zpracování tras

Možností, jak zpracovávat zaznamenanou trasu z nějakého GPS přístroje, je celá řada v závislosti na tom, co chceme s daty dělat nebo co z nich chceme zjistit. Miniaturní GPS přístroje se používají například pro sledování pohybu zvěře, zvláště u ohrožených druhů. Zoologové pak mohou jednoduše zjistit, kam zvíře chodí a kdy a může jim to pomoci v dalším výzkumu.

Dalším velice zajímavým využitím GPS tras může být například sledování vozidel. Nejenže v případě krádeže značně urychlí dopadení pachatele, ale umožňuje také například vedení elektronické knihy jízd. Každá cesta vozidlem pak může být zaznamenána a pomocí speciálního software je možné automaticky vygenerovat cestovní příkaz či jiné potřebné dokumenty s tím spojené.

Další možnosti, které bych zde chtěl zmínit, se týkají zejména sportu, turistiky a využití volného času. Sportovci jistě ocení možnosti zpracování nasbíraných dat z trasy jako například výpočet celkové vzdálenosti, absolvované převýšení, případně počet spálených kalorií. Neméně zajímavé by mohla být také tvorba grafů, například výškových či rychlostních profilů trasy.

Nakonec se dostáváme k využití záznamu trasy pro prezentační účely. Chceme-li prezentovat prošlou trasu, je vhodné ukázat také na mapě, přes jaká místa trasa vedla a co na nich bylo zajímavé. Posluchači tak na první pohled vidí, zda trasa vedla přes hory, kolem řeky nebo třeba po pobřeží moře, jaká města v okolí znají, případně v jaké zemi se tato místa nacházejí, a velmi jim to usnadní orientaci. Tvorba takovéto trasy na mapě bez GPS záznamu by byla velmi složitá a hlavně velmi nepřesná. Zakreslit přesně ručně trasu do mapy by byl úkol velmi náročný. Proto se zde přímo nabízí možnost zobrazit trasu na základě GPS záznamu. Z mapy si však člověk nemůže udělat obrázek o všem, proto je vhodné připojit k trase také fotografie. I v tomto nám pomůže zaznamenaná trasa, protože můžeme podle času pořízení fotografie a času každého bodu v trase určit přesně místo, kde byla fotografie pořízena. Tyto možnosti jistě využijí zejména cestovatelé, kteří své cesty dále prezentují, ale také třeba skautské, turistické, či jiné organizace pořádající celou řadu zajímavých výprav a expedicí.



## 2.2 Stanovení cílů

Podle požadavků zadání práce bude aplikace určena především pro prezentační účely. Cílovou skupinou uživatelů budou tedy hlavně cestovatelé a turisté, kteří chtějí své cesty prezentovat. Aplikace tedy musí mít jednoduché ovládání a plně grafické rozhraní, aby byla snadno použitelná pro všechny uživatele. Trasa bude graficky zobrazena jako linka na mapovém podkladu. Všechny úpravy trasy, zahrnující odstranění bodu, odstranění více bodů najednou, přidávání fotografií a pojmenovávání bodů, budou prováděny přímo na trase v mapě bez nutnosti uživatelské znalosti formátu GPX, ze kterého bude aplikace data číst a také ukládat a to včetně přidaných jmen bodů a fotografií. Fotografie bude také možno přidávat k trase automaticky pomocí funkce hromadného přidání fotografií. Výstupem aplikace bude kromě upraveného záznamu trasy také možnost vygenerovat prezentaci. Aplikace bude nabízet jednoduché rozhraní pro sestavení prezentace. Uživatel poskládá za sebe do požadovaného pořadí jednotlivé snímky prezentace, které mu budou nabídnuty na základě pojmenovaných bodů a fotografií v trase. Mimo to budou uživatelům k dispozici statistické údaje a grafy trasy.

## 3 Teoretický rozbor

V této kapitole se budeme blíže věnovat systému GPS, stručně si připomeneme jeho historický vývoj a zaměříme se na způsoby měření a vyhodnocování polohy různými typy GPS přístrojů. Dále se budeme zabývat přesností určení polohy a vlivy, které tuto přesnost ovlivňují. V druhé části kapitoly se zaměříme na ukládání prošlé trasy a na formáty, které se pro to používají. Podrobně si pak popíšeme otevřený formát GPX, který je pro ukládání prošlých tras nejrozšířenější. V poslední kapitole se budeme zabývat volbou vhodných mapových podkladů pro výslednou aplikaci a vlastnostmi, které zvolený typ map má.

### 3.1 Systém GPS

GPS (Global Positioning System) je systém pro přesné určování polohy na Zemi. Řadí se mezi družicové polohové systémy a je dostupný na celé zeměkouli. Tvoří jej satelity na oběžné dráze Země, několik řídicích a kontrolních center v různých částech světa a nespočet GPS přijímačů, které na základě přijímaných signálů z družic určují svoji polohu.

#### 3.1.1 Historický vývoj systému

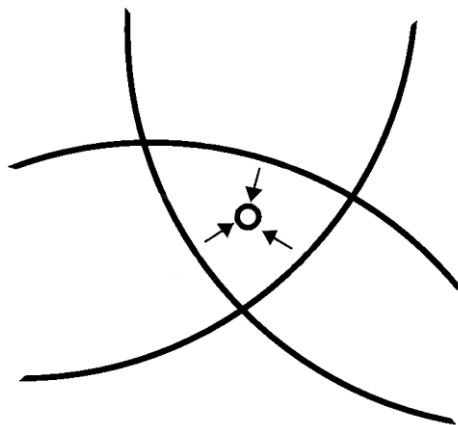
Na úvod této kapitoly zmíním několik základních rysů systému GPS a lehce nahlédneme do jeho historie. Vycházím přitom z dokumentu [2]. Systém GPS je polohový družicový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států Amerických. Byl vyvíjen jako vojenský systém a je tak stále využíván. Pro civilní účely je k dispozici část systému s nižší omezenou přesností. Projekt GPS navazuje na dřívější projekt GNSS Transit z let 1964 – 1996. Původní název projektu je NAVSTAR GPS. Jeho vývoj byl zahájen v roce 1973 sloučením dvou projektů určených pro určování polohy (System 621B) a pro přesné určování času Timation amerického námořnictva (US Navy). Mezi léty 1974–1979 byly prováděny testy na pozemních stanicích a byl zkonstruován experimentální přijímač. Od roku 1978–1985 začalo vypouštění 11 vývojových družic. V roce 1979 byl rozšířen původní návrh z nedostačujících 18 na 24 družic. V 80. letech začalo vypouštění družic nesoucích senzory pro detekci jaderných výbuchů a monitorování startů balistických raket kvůli zákazu jaderných testů uzavřeném mezi USSR a USA. V roce 1983 po incidentu, kdy sovětská stíhačka sestřelila civilní dopravní letadlo, americký prezident Ronald Reagan oznámil, že po dokončení bude GPS dostupné i pro civilní účely. Plná operační dostupnost systému byla ohlášena 17. ledna 1994, kdy byla na orbitu Země umístěna kompletní soustava 24 družic.

### 3.1.2 Signály družic

Družice systému GPS vysílají signály na pěti kanálech. Specifikace systému [3] popisuje jednotlivé kanály takto: kanál L1 vysílá na frekvenci 1575,42 MHz navigační kód ve dvou kódováních. Civilní C/A kód umožňuje volně dostupnou navigaci, P(Y) kód poskytuje šifrovaná data pro vojenské účely s vyšší přesností určení polohy i s vyšší přesností času ( $< 10^{-7}$ s). Kanál L2 vysílá vojenský P(Y) kód na frekvenci 1227,62 MHz. Na kanálu L3 (1381,05 MHz) vysílají družice signály, které obsahují data monitorování startů balistických raket, detekci jaderných výbuchů a dalších vysokoenergetických zdrojů. Program náleží k The United States Nuclear Detonation (NUDET) a United States Nuclear Detonation Detection System (USNDS). L4 (1841,40 MHz) se využívá pro měření ionosferické refrakce. Průchod signálu ionosférou způsobuje zpoždění radiového signálu, který se promítá do chyb při určení polohy. Poslední pátý kanál se plánuje využít pro civilní Safety-of-life (SoL) signál. Tato frekvence spadá do mezinárodně chráněné oblasti letecké navigace, ve které je malé nebo žádné rušení za všech podmínek.

### 3.1.3 Zjištění aktuální polohy

Ukažme si nyní podrobněji, jak GPS přístroje počítají aktuální polohu. Pro pochopení principu si problematiku ukážeme na jednoduchém příkladu. Předpokládejme, že máme k dispozici tři pevné body v terénu, u nichž známe souřadnice, a tyto body máme vyznačené v mapě. Pak potřebujeme ještě jistý mechanismus pro určení vzdálenosti od každého z bodů. V našem případě to může být dalekohled s funkcí měření vzdálenosti. Známe-li tedy již vzdálenost od každého bodu, můžeme na mapě opsat kružnici se středem v bodě, ke kterému jsme vzdálenost měřili. Poloměr této kružnice bude roven naměřené vzdálenosti. Při stejném postupu u zbývajících bodů dostaneme z tří kružnic průsečík, ve kterém je naše poloha. Názorně to ukazuje obrázek 3.1.



Obrázek 3.1: Zjištění polohy pomocí kružnic ze známých bodů

U satelitních polohových systémů je princip stejný. Potřebujeme znát přesnou polohu satelitů a vzdálenost od nich. Svoji polohu satelity vysílají, takže tu zjistit můžeme. Vzdálenost od satelitu se dá zjišťovat zpravidla třemi způsoby [4].

Prvním z nich je kódové měření. Pro toto měření se používají tzv. dálkoměrné kódy vysílané jednotlivými družicemi. Dálkoměrné kódy jsou zjednodušeně řečeno časové značky, umožňující přijímači určit čas, kdy byla odvysílána kterákoliv část signálu vysílaného družicí. Přijímač pracuje tak, že ve vstupním signálu přicházejícím z antény identifikuje dálkoměrný kód příslušné družice, zjistí čas odeslání a přijetí jedné sekvence kódu a ze zjištěného časového rozdílu určí vzdálenost mezi přijímačem a družicí.

Dalším možným způsobem jsou fázová měření. Jsou založena na využití nosné vlny signálů vysílaných družicemi. Pokud spočteme počet celých vln signálu, které proběhly na trase mezi družicí a přijímačem a jejichž délku velmi přesně známe, je pak již snadné zjistit zbývající kousek nedokončené vlny podle stavu její amplitudy. Tato měření jsou ve srovnání s kódovým měřením výrazně přesnější, zvláště pak při využití více nosných vln, které umožňují provádět korekce zkreslení signálu při průchodu vrstvami atmosféry. Nevýhodou je zde poměrně složité a někdy zdlouhavé zjištění počtu celých vln před počátkem měření a nutnost jejich opakovaného zjištění v případě ztráty signálu družic.

Dopplerovská měření jsou třetí možností měření vzdálenosti. Jsou založena na fyzikálním principu Dopplerova jevu [5]. Dopplerův jev popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného signálu oproti vysílanému signálu, pokud se přijímač nebo vysílač vzájemně pohybuje. Jedním z běžných příkladů je změna výšky tónu sirény projíždějící záchranky kolem pozorovatele. Dopplerova jevu využívá také řada měřicích přístrojů, např. radary pro měření rychlosti vozidel.

V praxi se používají pro měření první dvě metody. Dopplerova jevu se využívá zejména pro stanovení rychlosti pohybu přijímače. V běžných turistických a navigačních přístrojích se používají jen kódová měření. Fázová měření se používají tam, kde je vyžadována vyšší polohová přesnost, např. využití GPS pro geodetické účely.

Nyní známe vzdálenost od družic a můžeme tedy analogicky k prvnímu příkladu vypočítat aktuální polohu přístroje. Tentokrát nám nebudou stačit kružnice, ale musíme uvažovat koule, protože se již nepohybujeme na dvojrozměrné mapě, ale ve trojrozměrném prostoru. Aktuální pozici v bodě si popíšeme např. kartézským systémem  $ECEF(X, Y, Z)$ . Uvažujeme-li měření vzdálenosti nejběžnějším kódovým měřením, musíme do rovnice zahrnout také čas  $T$  z další družice, protože vnitřní čas přijímače není dostatečně přesný. Máme tedy 4 proměnné  $(X, Y, Z, T)$ , můžeme sestavit rovnici pro 4 koule [6]

$$(X - x_n)^2 + (Y - y_n)^2 + (Z - z_n)^2 = [(T - t_n)c]^2 \quad (3.1)$$

kde  $c$  je rychlost světla a za předpokladu, že známe  $(x, y, z, t)$  ze čtyř družic, je řešením rovnice poloha a čas uživatele. Pro převod těchto souřadnic do systému WGS84, který GPS používá, je definováno matematickými vztahy. Platí:

$$ECEF(X, Y, Z, T) \rightarrow WGS84(lat, lon, HAE, UTC) \quad (3.2)$$

kde *lat* je zeměpisná šířka, *lon* je zeměpisná délka, *HAE* je výška nad referenčním elipsoidem a *UTC* je aktuální světový čas při výpočtu bodu. Elipsoid je těleso, které je matematickou abstrakcí planety Země, která nemá přesně tvar koule. Pro získání výšky nad hladinou moře, je třeba opravit výšku HAE o hodnotu separace geoidu. Ta je na různých místech planety různá, na území Česka se jedná řádově o hodnoty -40 až -50m. GPS přístroje v sobě obsahují přibližný model Země a tuto opravu provádí automaticky.

Pro úspěšné určení polohy tedy potřebuje GPS přijímač přijímat signál aspoň ze 4 družic. Tři družice jsou použity pro dálkoměrné měření a určení polohy, čtvrtá družice slouží k synchronizaci hodin přístroje. Krátkodobě je přijímač schopen udávat přesnou polohu i se třemi družicemi, jeho vnitřní hodiny jsou řádově méně přesné než atomové hodiny na družici, proto by přístroj časem určoval polohu nepřesně, je tedy nutné hodiny synchronizovat.

### 3.1.4 Omezení a přesnost GPS

V této kapitole se zaměříme na to, jaké má systém GPS omezení, kdy dostaneme přesnou polohu a kdy může být výsledek zkreslen. Vychází z kapitoly Omezení GPS z knihy [4]. Pro kvalitní příjem je v první řadě nutná dostupnost signálu družic. Intenzita signálu na zemském povrchu není nijak velká, protože signál musel od satelitu urazit velkou vzdálenost. Důsledkem toho je fakt, že signál není možné zachytit v budovách, podzemních objektech a jiných místech bez přímého výhledu na oblohu. Problém mohou představovat také hluboká údolí, hustý lesní porost, oblačnost či městská zástavba. Zejména ve městě může docházet k různým odrazům signálu od budov a může tak docházet k vícecestnému šíření signálu. Přijímač pak nemusí být schopen určit, zda se jedná o signál přímo z družice nebo odražený signál, který urazil větší vzdálenost. To pochopitelně zanáší značnou chybu do výpočtu aktuální pozice.

Nejlepšího příjmu signálu dosáhneme, máme-li přímý výhled na oblohu. Záleží také na rozmístění družic na obloze. Nejlepších výsledků dosáhneme, jsou-li družice daleko od sebe a pokrývají tak celou viditelnou oblohu. Poloha a stejně tak i počet viditelných družic se s časem mění podle toho, jak družice obíhají kolem Země. Na stejném místě v jiný čas tedy můžeme dosáhnout jiné přesnosti určení polohy. Kvalitu rozložení družic na obloze lze matematicky ohodnotit. Používá se k tomu parametr zvaný snížení přesnosti (anglicky Dilution of Precision – DOP). Je výsledkem výpočtu, který bere v úvahu relativní polohu každé družice vzhledem k ostatním družicím. Na základě jeho hodnoty lze předpovědět přesnost poloh, určených tímto uspořádáním. Nižší hodnota DOP říká, že lze určovat polohu a čas s vyšší přesností, vyšší hodnota naopak znamená, že uspořádání je nevhodné a nezaručí dostatečnou přesnost. Pro běžné užití při turistice či automobilové navigaci nám tento faktor tolik nevádí. Chceme-li však přesně zaměřit třeba pozemek, je výhodné počkat si na vhodnější konstelaci družic. K nalezení správné chvíle jsou k dispozici příslušné programy, volně použitelný je například Trimble Planning.

V závislosti na typu přijímače, použité metodě měření (viz. výše), konstelaci družic na obloze a dalších faktorech se může v reálném čase udávaná poloha za ideálních podmínek pohybovat u špičkových geodetických přístrojů v prvním milimetru a u levnějších obyčejných přijímačů kolem 3 metrů. Ve špatných podmínkách to mohou být u obou typů desítky až první stovky metrů. Běžně dosahovaná přesnost nejrozšířenějších turistických a navigačních přístrojů se dnes pohybuje v rozmezí 5 až 15 metrů.

## 3.2 Záznam trasy

Dnešní GPS přístroje většinou umožňují ukládat prošlé trasy. Do souboru zaznamenávají body, kterými uživatel s přístrojem prošel, jejich souřadnice, nadmořskou výšku, čas a případně další informace, jako název bodu a podobně. Existuje mnoho různých formátů uložení těchto dat. Někteří výrobci GPS přístrojů volí vlastní formáty pro tyto soubory a často ani nejsou zveřejněny jejich specifikace. Standardním formátem pro uložení těchto dat je však formát GPX. Pro zpracování jiných formátů jsou zpravidla vždy dostupné programy pro konverzi právě do formátu GPX. Po konverzi pak může být trasa zpracována standardními programy zpracovávajícími GPS trasy.

### 3.2.1 Formát GPX

Popišme si nyní základní strukturu dokumentu GPX. Celá dokumentace je dostupná na [1]. Formát GPX (*GPS Exchange Format*) je založen na formátu XML. Všechny zeměpisné souřadnice musí být podle dokumentace udávány v souřadném systému WGS84 a všechny jednotky metrické. Kořenovým uzlem GPX dokumentu je element *gpx*. Tento uzel je v každém dokumentu povinný a má povinné atributy *version* a *creator*. Každý dokument pak může obsahovat libovolné množství tras. Trasu představuje element *trk* a obsahuje jednotlivé trasové body *trkpt*. Tyto mají povinné atributy *lat* a *lon*, udávající zeměpisné souřadnice. K trasovému bodu většina přístrojů ukládá také výšku bodu do elementu *ele* a univerzální světový čas v daném bodu ve formátu UTC v elementu *time*. Trasovému bodu, stejně jako dalším elementům, můžeme specifikovat volitelné elementy *name* pro jméno, *desc* pro popis, *cmt* pro komentář a mnoho dalších včetně možnosti specifikovat nové vlastní atributy.

### 3.2.2 Nastavení přístroje

Podle toho, o jakou trasu se jedná a na co chceme záznam trasy použít, se odvíjí také vhodné nastavení přístroje. I ty nejlevnější turistické navigace toto nastavení většinou nabízejí. Nejdůležitější je pochopitelně zkontrolovat, zda je zapnut záznam trasy. Dále nastavíme interval záznamu. Zpravidla jsou možné dva typy intervalů. Buď záznam po určitém časovém intervalu, nebo po uražení určité vzdálenosti. Pro pěší turistiku se více hodí nastavení záznamu po určité vzdálenosti. Rychlost chůze se příliš nemění, proto i frekvence jednotlivých záznamů bodů bude téměř stejná. Výhodou je také, že

při zastávce, kdy se GPS přístroj nepohybuje, nezaznamenává žádné body. Naopak při nastavení záznamu po časovém intervalu by přístroj ukládal několikrát stejný bod nebo bod vzdálený třeba jen několik metrů, protože by kolísala přesnost určení polohy. Při vykreslení takové trasy na mapu pak vzniká v místech zastávek velké množství bodů navíc a trasa pak připomíná jakýsi pletenec. Neblaze se to projeví také třeba na průměrné rychlosti celkové trasy.

Situace, kdy není nastavení záznamu po určité vzdálenosti ideální, je například cyklistika nebo jízda autem. Rychlost se zde může podstatně měnit, při vyšších rychlostech by se ukládalo velké množství bodů a velmi by narůstala velikost souboru. Při nastavení delší vzdálenosti pro záznam by zase při náhlé změně rychlosti a směru docházelo k příliš velkým nepřesnostem. Příkladem takové situace může být sjezd z dálnice. Řešení této situace nabízejí některé přístroje v takzvaném automatickém nastavení. Ukládají pak bod pokaždé, když se změní směr cesty. Na rovné dálnici by pak v extrémních případech mohl být uložen třeba jen jeden bod za kilometr. Případné přiřazení fotografií k takové trase by pak bylo velice nepřesné.

Obecně lze tedy říci, že pro pěší turistiku je výhodnější použít záznam s intervalem po určité vzdálenosti. Pokud během trasy pořizujeme mnoho fotografií nebo potřebujeme vyšší přesnost, volíme kratší vzdálenost pro záznam. Získáme tak více trasových bodů a přesněji budeme moci určit pozici pořízení fotografie a trasa bude méně lomená. Pro běžný záznam trasy na kole nebo autem je lepší ponechat nastavení na automatickém režimu. Pokud však chceme i v tomto případě zaznamenat trasu se všemi detaily a nevadí nám větší množství trasových bodů, můžeme i zde použít „jemnější“ nastavení, třeba volbou metody záznamu po určité vzdálenosti.

### 3.3 Mapové podklady

Jelikož má výsledná aplikace zobrazovat prošlou trasu na mapě, je v tuto chvíli důležité zvolit vhodné a dostupné mapové podklady, na které bude trasa později vykreslována. V zásadě se nabízejí dvě možnosti. Buď můžeme pracovat s lokální mapou uloženou na disku v počítači, nebo využít služeb některých mapových serverů v internetu. První zmíněná možnost by byla vhodná spíše pro ty oblasti, pro které máme možnost získat mapové podklady, například pro Českou republiku či Evropu. Získat dostatečně podrobnou mapu celého světa by nebylo jednoduché a potřebovali bychom mít na disku počítače velice objemnou mapu. Výhodou by mohla být rychlejší práce s mapou a nezávislost na internetovém připojení.

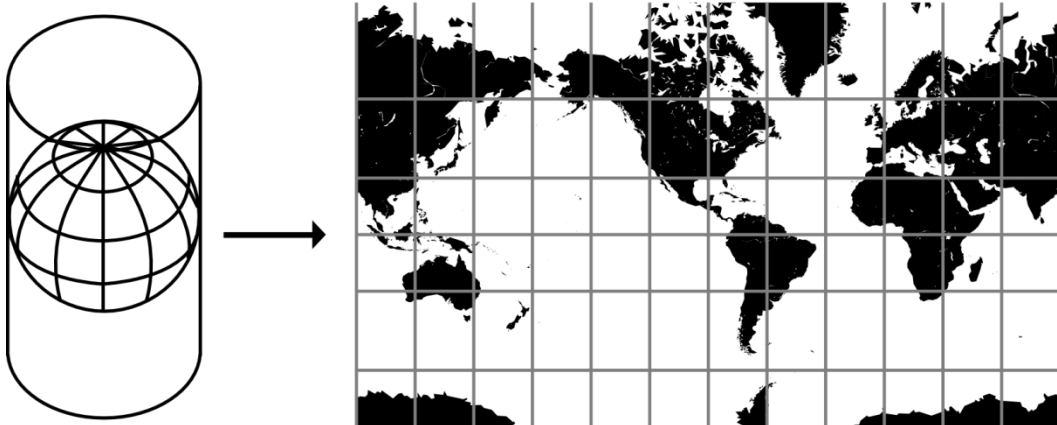
Jako lepší varianta byla zvolena druhá možnost, tedy stahovat mapové podklady z některého mapového serveru. Jako vhodný mapový server byl zvolen server Google Maps. Prostřednictvím svého Google Static Maps API [7] umožňuje na základě URL požadavku, obsahujícího všechny potřebné parametry požadovaného mapového výřezu, poskytnout mapové podklady jakékoli části světa.

### 3.3.1 Použité mapové zobrazení

Všechny mapy jsou rovinným zobrazením kulového zemského povrchu. Z toho vyplývá, že každá mapa je více či méně zkreslena vůči skutečnosti. Existuje celá řada různých mapových zobrazení, každé se hodí pro jiný typ mapy. Například přesné katastrální mapy používají zcela jiné zobrazení než námořní či letecké mapy a podobně. Některá zobrazení jsou také použitelná jen v určitých zeměpisných šířkách, jinde dochází už k přílišnému a nepoužitelnému zkreslení.

V první řadě bylo nutné zjistit, jaké zobrazení používají mapy na Google Maps. Oficiální dokumentace o tomto nic neříká, na diskusním fóru k této dokumentaci však bylo řečeno, že použité zobrazení je Mercatorovo zobrazení. Toto tvrzení souhlasilo s poznatkami o zmíněném zobrazení z dostupných zdrojů [8], [9] a bylo porovnáno s mapami na serveru Google Maps.

Mercatorovo zobrazení je zobrazení na pomyslný válec opsaný Zemí, který je rovnoběžný se zemskou osou. Dotýká se tedy Země na rovníku. Mapu pak tvoří rozvinutá plocha válce. Názorně to ukazuje obrázek 3.2.



Obrázek 3.2: Mercatorovo zobrazení

Z předchozího tedy vyplývá, že vzdálenost poledníků zůstává všude stejná. Naopak vzdálenost rovnoběžek se směrem k pólům zvětšuje do nekonečna. Toto zobrazení není z tohoto důvodu ideální například pro přesné katastrální mapy. Využívá se zejména v leteckých a námořních navigačních mapách. Zkreslení u pólů je tak velké, že od 86. rovnoběžky již toto zobrazení vůbec nelze použít. Na obrázku výše si můžeme všimnout i pouhým okem značného zkreslení u pólů. Například ostrov Grónsko se jeví větší než Jižní Amerika, ve skutečnosti je však rozloha Grónska asi 10krát menší. Naopak kolem rovníku, zhruba do 15. rovnoběžky, je zkreslení zanedbatelné a dá se s drobnými nepřesnostmi počítat se stejnými vzdálenostmi jednotlivých rovnoběžek, tedy můžeme uvažovat pravouhloú mapu bez zkreslení. Jak je tedy možné, že mapa s tak velkým zkreslením mimo rovníkové oblasti se těší takové celosvětové oblibě? Při přiblížení mapy a správné volbě měřítka, o což se stará server Google Maps, se zmíněné nepřesnosti podstatně zmenšují.

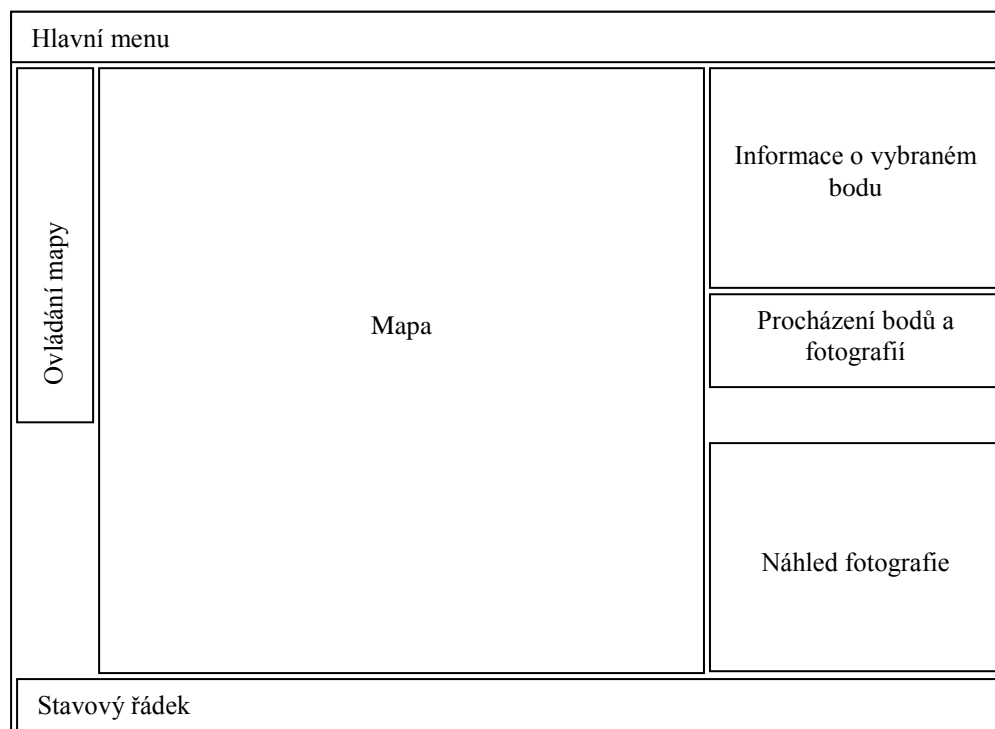


## 4 Návrh aplikace

V této kapitole podrobně rozebereme návrh aplikace. Všechny funkce a vlastnosti aplikace zde budou popsány stejně jako rozložení komponent grafického uživatelského rozhraní. Na úvod je třeba zmínit, že aplikace je navržena jako plně grafická a je určena pro prostředí operačního systému Windows. Při návrhu aplikace jsme se drželi pro uživatele zažitých ovládacích prvků a jejich umístění.

### 4.1 Návrh uživatelského rozhraní

Jako první si nyní ukažme, jak bude aplikace rozvržena po grafické stránce. Schéma rozložení komponent znázorňuje obrázek 4.1. Pro uživatele snad ze všech jiných aplikací dobře známý klasický pruh nabídek, obsahující menu *Soubor*, *Úpravy*, *Zobrazit* a *Prezentace*. Ústředním prvkem aplikace je čtvercová mapa, na které je vykreslena trasa, pojmenované body a ikony fotografií. Vlevo od ní jsou ve sloupci umístěny prvky pro ovládání mapy. Napravo od mapy se vypisují informace o aktuálně vybraném bodu. Název bodu je možné upravit pouhým přepsáním příslušné položky a stisknutím tlačítka *Uložit* nebo stisknutím klávesy *Enter*. Pod položkou *Název bodu* se nachází položka *Fotografie*, která obsahuje cestu a název souboru fotografie, kterou jsme přiřadili k bodu. Úprava probíhá stejně jako u názvu pouhým přepsáním názvu či cesty k souboru, je také možné vyvolat systémový dialog pro výběr obrázku stisknutím tlačítka se symbolem tří teček.



Obrázek 4.1: Schéma rozložení komponent v hlavním okně

Pod informacemi o bodu jsou umístěna ovládací tlačítka pro procházení pojmenovaných bodů a bodů, které mají přiřazenou fotografii. Usnadní to tak přesné nalezení hledaného bodu v mapě. To může být, zejména u dlouhých tras s mnoha body, někdy obtížné. Zaškrtnutím položky *Zobrazovat aktuální bod uprostřed mapy* bude mapa automaticky vycentrována na zvolený bod. Při pomalejším internetovém připojení může ale způsobovat pomalejší odezvu v důsledku stažení nové mapy při každém přechodu mezi body.

V pravém dolním rohu okna aplikace se zobrazuje náhled fotografie aktuálně vybraného bodu, pokud má tento bod přiřazenou fotografii. Poklepáním na náhled se otevře fotografie přes celou obrazovku. Dalším klepnutím na fotografii toto zobrazení zavřeme a vrátíme se do hlavního okna aplikace. Ve spodní části okna je umístěn stavový řádek, který je rozdělen do tří částí. První část informuje uživatele o pozici kurzoru myši nad mapou, do druhé, největší části, se vypisují textové informace o stavu aplikace a poslední část stavového řádku informuje uživatele, zda pracuje v režimu *on-line* nebo *off-line*.

Stručně jsme se seznámili s rozložením komponent v hlavním okně aplikace. Podrobněji budou rozebrány dále v textu stejně jako další dialogy aplikace. Rozložení komponent také schematicky názorně ukazuje obrázek 4.1 na straně 13.

### 4.1.1 Hlavní menu

Menu *Soubor* obsahuje následující položky. Položka *Otevřít* vyvolá standardní systémový dialog pro výběr souboru. V základním nastavení jsou v dialogu zobrazeny pouze soubory s příponou *gpx*, aby nedocházelo ke zbytečným chybovým hlášením o nesprávném formátu vstupních dat. Je samozřejmě také možné filtr souborů vypnout a zvolit soubor s jinou nebo žádnou příponou, obsah souboru ale musí být ve formátu GPX, jinak je zobrazeno chybové hlášení a soubor není otevřen. Položku *Otevřít* je také možné vyvolat klávesovou zkratkou Ctrl + O. Dalšími položkami jsou položky *Uložit* a *Uložit jako*. Jejich funkčnost odpovídá zažitému standardu. Položka *Uložit* uloží změny do aktuálně otevřeného souboru a přepíše jeho obsah. Položka *Uložit jako* vyvolá standardní systémový dialog pro uložení souboru. Uživatel může zvolit jméno a umístění ukládaného souboru, přípona *gpx* je dodána automaticky, pokud uživatel nezadá explicitně jinou příponu. Další položka je vizuálně oddělena od ostatních. Je to zatrhávací položka *Pracovat off-line*. Ve výchozím stavu není zaškrtnutá. Tato volba ovlivňuje přístup aplikace k síti internet. Mapové podklady jsou totiž stahovány z internetu, ale o tom si podrobněji povíme dále. Není-li položka *Pracovat off-line* zatržena a není dostupné připojení k síti internet, je uživateli v dialogu nabídnuto zapnutí této položky a dále může s programem pracovat, ovšem trasa pak není zobrazena na mapovém podkladu. Poslední položkou v tomto menu je položka *Ukončit*, která ukončí celou aplikaci. Pokud jsou v aplikaci nějaké neuložené změny, uživatel je na to upozorněn a aplikace nabídne uložení změn.

Menu *Úpravy* nabízí funkce pro úpravy trasy. Položka *Přidat fotografii* vyvolá systémový dialog pro výběr obrázku a přiřadí ho ke zvolenému bodu. Další položkou je *Hromadné přidání fotografií*. Ta zobrazí dialog, který usnadní přidání velkého množství fotografií k trase. O této funkci se dozvíme více v kapitole 4.3.1 Hromadné přidání fotografií. Další tři položky menu se týkají odebírání bodů z trasy. První z nich odebere jeden, aktuálně vybraný, bod a je možné ji také vyvolat stisknutím klávesy *Delete* na klávesnici. Následující položka umožňuje odebrat všechny body od začátku trasy až po vybraný bod. Pod ní je opačná položka, která odebere všechny body od vybraného až po konec trasy. Tyto funkce jsou zde pro případ, že chceme prezentovat pouze část své cesty.

Menu *Zobrazit* pak umožňuje přepínat mezi typy map. Na výběr je silniční mapa, satelitní, terénní a hybridní. Poslední jmenovaná je satelitní mapa doplněná o popisky a cesty. V tomto menu najdeme také položku pro zobrazení grafů a základních statistik trasy. Dvěma zatrhávacími položkami můžeme ovlivnit, zda budou v mapě zobrazeny názvy bodů a ikony přiřazených fotografií.

Zbývající položka hlavního menu je *Prezentace*, která vyvolá dialog pro sestavení a generování prezentace. Této dosti obsáhlé funkci se budeme věnovat v kapitole 4.5.

## 4.2 Zobrazení trasy

O zobrazení trasy se stará vlastní vytvořená komponenta *TrackViewer*. Je navržena jako samostatná třída a je umístěna na formuláři hlavního okna. Po úspěšném načtení trasy ze souboru zobrazí celou trasu. Je-li dostupné internetové připojení, stáhne také mapový podklad k trase.

### 4.2.1 Mapové podklady

Mapové podklady stahuje aplikace on-line z internetu. Jedná se o mapy z Google Maps stažené prostřednictvím Google Static Maps API [7]. Pomocí tohoto API můžeme získat bitmapový snímek mapy. Ten získáme jako odpověď na URL dotaz na servery Google maps. Specifikovat musíme velké množství parametrů.

Jedním z nejdůležitějších jsou souřadnice mapy. Ty se udávají ve stupních jako desetinné číslo. Formát je stejný jako používá systém GPS, což nám ulehčí práci. Můžeme však specifikovat pouze bod uprostřed výsledné mapy. Značně jednodušší by byla manipulace s mapou, pokud bychom mohli specifikovat souřadnice krajních bodů úhlopříčky a mohli tak dostat přesně požadovaný obdélník či čtverec, který pokrývá trasa načtená ze souboru. To ale bohužel nejde, proto musíme sami najít hranice trasy a opsat jí pomyslný obdélník a z něj teprve získat souřadnice středu, které použijeme jako parametr pozice mapy. Jen bod ale nestačí, je nutné určit ještě ideální hodnotu přiblížení (zoom).

Dále je možné specifikovat typ mapy. Na výběr jsou čtyři typy map, základní neboli silniční mapa, satelitní, terénní a hybridní mapa. API také nabízí možnosti jako např. vykreslení čáry trasy, zvýraznění bodů a podobně. Tyto už ale nejsou využívány, neboť o veškeré vykreslování na mapový podklad se postará naše aplikace sama. Dříve byl také požadován parametr *apikey*, který byl

jednoznačnou identifikací uživatele registrovaného u společnosti Google. S tím souviselo také omezení na tisíc stažených map na uživatele za den. Tento parametr je již zrušen a *apikey* již není vyžadován, nicméně limit na počet map zůstává.

Vraťme se nyní ke zmíněnému určení ideálního přiblížení. Protože mapa, kterou zobrazujeme v naší aplikaci, má tvar čtverce, vytvoříme pomyslný čtverec opsaný trase pomocí krajních bodů trasy. Potom spočítáme skutečnou vzdálenost jedné strany čtverce v metrech. Tuto hodnotu následně porovnáme s hodnotou délky Země kolem rovníku, přesněji rovníkového obvodu referenčního elipsoidu WGS84, vydělenou při každém zvýšení hodnoty přiblížení dvěma. Přesně tak to specifikuje dokumentace Google Static Maps API – při každém přiblížení se přesnost zdvojnásobí, tedy skutečná vzdálenost okrajů mapy se přesně dvakrát zmenší. Na základě porovnání vzdálenosti krajních bodů trasy a krajních bodů mapy jsme schopni určit ideální hodnotu přiblížení, aby se celá trasa vešla do výřezu mapy. Získanou hodnotu přiblížení pak použijeme při vytváření URL požadavku na stažení mapy spolu s dalšími výše zmíněnými parametry.

## 4.2.2 Vykreslení trasy, názvů a fotografií

Vykreslování trasy, stejně jako názvů bodů a ikon fotografií, obstarává samostatná vlastní komponenta, umístěná na hlavním formuláři aplikace. Trasa k vykreslení je předem vypočítána a k vykreslení je předána už jako pole bodů v relativních souřadnicích v rámci mapy. Jednotlivé body jsou vypočítávány jako vzdálenost od referenčního bodu. Tím je střed mapy, protože je to jediný bod, u kterého předem známe přesné zeměpisné souřadnice. Tím dosáhneme nejvyšší přesnosti určení souřadnic bodů na mapě. Trasa je pak vykreslena jako linka, procházející všemi trasovými body v poli.

Podobně je řešeno vykreslování názvů bodů. V poli jsou uloženy jednotlivé názvy bodů spolu s pořadovým číslem bodu a jeho souřadnicemi. Stejně tak v poli fotografií jsou uloženy názvy souborů s pořadovým číslem bodu a souřadnicemi. Názvy jsou vykresleny na poloprůhledném obdélníku velikosti podle délky zobrazovaného řetězce. Pokud je název delší, je vykreslován řetězec zkrácen a doplněn třemi tečkami. Celý název je pak vidět při vybrání bodu vpravo do mapy v části, kde se vypisují všechny informace o bodu. Fotografie jsou v trase zobrazeny jako malé ikony fotografií a při vybrání bodu s fotografií je zobrazen náhled fotografie v pravém dolním rohu aplikačního okna.

## 4.2.3 Ovládání mapy

Ovládání mapy může být prováděno několika způsoby. V hlavním menu aplikace pod položkou *Zobrazit* najdeme nastavení mapy týkající se zejména zobrazování jednotlivých prvků a typů mapy, vlevo od mapy jsou ovládací prvky pro změnu přiblížení a poslední možností je

poklepání myši do mapy. Nyní si objasníme, jak jednotlivé funkce pro ovládání pracují a jaké mají vlastnosti.

V menu *Zobrazit* najdeme rozbalovací menu, kde můžeme vybrat typ mapy. Změnou typu mapy dojde pouze k načtení nového mapového podkladu. Dále zde najdeme dvě zatrhávací položky pro vypnutí či zapnutí vykreslování názvů bodů či fotografií. Pokud nejsou položky zatrženy, nevykreslují se na mapě názvy či fotografie, v trase u bodů ale zůstávají uloženy.

Přibližování, oddalování a další funkčnost umožňují ovládací prvky vlevo od mapy. Tlačítko *Full* zobrazí celou trasu na mapě stejně, jako když byla poprvé načtena ze souboru. Hodnotu přiblížení můžeme měnit tlačítky + a -. Chceme-li měnit tuto hodnotu více skokově, můžeme použít také ovládací prvek *track bar*. Jeho hodnota se také automaticky aktualizuje při každé změně hodnoty přiblížení. Pouhým pohledem tak můžeme zjistit, jaké je aktuální přiblížení. Tyto 3 možnosti změny přiblížení zachovávají střed mapy, přibližuje se tedy na střed mapy. Ve spodní části této skupiny je tlačítko *cnt* pro umístění vybraného bodu na střed mapy bez změny hodnoty přiblížení. Takto můžeme přiblížit jakýkoli bod na mapě; vybraný bod umístíme tímto tlačítkem na střed a potom přiblížíme, jak potřebujeme. Další možnost, jak toho dosáhnout, bude možná pro řadu uživatelů příjemnější. Dvojitým kliknutím do jakéhokoli místa v mapě i mimo trasu se provede přiblížení a zároveň umístění tohoto místa na střed mapy.

## 4.3 Úpravy trasy

Upravit zaznamenanou trasu bývá vždy téměř nutností. Ať už proto, že jsme po dosažení cíle trasy hned nevypnuli záznam trasy a zaznamenali tak i další body, které do trasy už nepatří, či že nějaký bod v trase vlivem špatného GPS signálu „odskočil“ mimo trasu a podobně. Takové nežádoucí body je většinou nejlépe odstranit. To ale nejsou jediné možné úpravy trasy. Aplikace také umožňuje pojmenovávat zajímavé body a přiřazovat k nim fotografie. Jak se tyto úpravy provádí a co všechno způsobí je předmětem této podkapitoly.

Nejzákladnějším vstupním bodem pro úpravy trasy je menu *Úpravy* v hlavním menu aplikace. V tomto menu můžeme najít položky pro odstranění bodů z trasy. A to buď jednotlivě, zvolením položky *Odstranit* či stisknutím klávesy *Delete*, nebo hromadně, odebráním všech bodů od začátku trasy či všech bodů do konce trasy. Vyvolání těchto funkcí je podmíněno vybráním bodu. Pokud není bod vybrán, není uživateli umožněno tyto funkce použít. Vyvoláním některé z funkcí odebrání bodu dojde k úplnému vymazání daného bodu či bodů z trasy. Znamená to, že budou ztraceny také všechny přiřazené názvy a fotografie dotčených bodů. Tuto akci nelze vzít zpět. Možnost vrátit zpět akci je dobrým návrhem pro rozšíření aplikace v budoucnu, v této verzi však není zatím tato možnost implementována.

Zmínili jsme se o výběru bodu, proto si teď řekneme, jak postupovat, chceme-li bod vybrat. Při přejíždění myši přes oblast mapy si jistě všimneme, že se občas kolem nějakého trasového bodu

objeví zvýraznění v podobě kroužku. To znamená, že se právě kurzor myši nachází nad nějakým trasovým bodem nebo v jeho těsné blízkosti. Do políček s informacemi o bodech se vypisují všechny dostupné informace o bodu včetně zobrazení náhledu fotografie. Pokud však výběr bodu nepotvrdíme a pohneme myši jinam, zmizí jak informace o bodě, tak i zvýraznění kolem bodu. Potvrzení výběru bodu provedeme klepnutím myši, když jsme nad trasovým bodem. Potom už je bod vybrán, je možné libovolně pohybovat myší a zvolený bod můžeme upravovat, umístit ho na střed mapy a podobně. Chceme-li výběr bodu zrušit, klepneme myší kamkoli jinam do mapy a přejdeme tím opět do režimu výběru bodu.

Když jsme popsali, jak funguje výběr bodu, můžeme přejít k popisu dalších funkcí vyžadujících vybraný bod. Tentokrát to bude postup, jak upravit název či přiřazenou fotografii k bodu. V první řadě musíme tedy vybrat nějaký bod trasy. Tím se vyplní všechny dostupné informace o bodu do příslušných políček. Přidání, úpravu či odebrání názvu bodu provedeme úpravou či smazáním textu z políčka *Název bodu* a následným potvrzením stisknutím klávesy *Enter* nebo tlačítkem *Uložit změny*. Obdobně můžeme postupovat při přidávání, editaci a odebrání fotografií. Protože není příliš vhodné upravovat názvy souborů s fotografiemi ručně, je lepší použít systémový dialog pro výběr souboru. Ruční úprava souboru je ale samozřejmě také možná. Dialog pro výběr fotografie vyvoláme ho buď stisknutím malého tlačítka se třemi tečkami vedle políčka *Fotografie* v sekci *Vybraný bod*, nebo v hlavním aplikačním menu – *Úpravy* – *Přidat fotografii k bodu*. Po vybrání fotografie a potvrzení tlačítkem *OK* v dialogu bude fotografie ihned přiřazena k trase, vykreslena ikona fotografie na mapě, vykreslí se náhled fotografie a bod zůstane vybrán.

### 4.3.1 Hromadné přidání fotografií

Potřebujeme-li přiřadit k trase větší množství fotografií, bylo by velmi zdlouhavé a nešikovné přidávat fotografie jednotlivě. Nejen, že by tato činnost zabrala hodně času, ale uživatel by si musel hlavně pamatovat místo, kde byla každá fotografie pořízena, toto místo najít na trase a přiřadit k němu fotografii. Aby nebyl uživatel nucen všechny tyto kroky pro každou fotografii dělat, nabízí aplikace funkci hromadného přidání fotografií.

Jak již víme z předchozích kapitol, GPS přístroje zpravidla ukládají ke každému trasovému bodu přesný čas. Stejně tak digitální fotoaparáty každé fotografii zapíší do EXIF časovou informaci o pořízení snímku. EXIF (Exchangeable Image File Format) je formát pro uložení metadat obrázků. Fotoaparáty k obrázkům ukládají řadu dalších informací. Jsou to například údaje o výrobcí fotoaparátu, nastavení clony a rychlosti závěrky, nastavení citlivosti ISO a mnoho dalších. Nás však v tuto chvíli bude zajímat především čas pořízení fotografie.

Známe-li čas pořízení fotografie a časy jednotlivých trasových bodů, stačí tedy jen projít trasu a pokusit se najít bod, jehož čas se co nejvíce blíží času pořízení fotografie. Toto naše aplikace umožňuje a můžeme tuto funkci najít v menu *Úpravy* – *Přidat fotografie hromadně*. Tato funkce

nevyžaduje, aby byl vybrán nějaký bod. Zvolením položky se zobrazí nové dialogové okno. Nejprve musíme vybrat všechny fotografie, které budeme chtít přiřadit k trase stisknutím tlačítka Vybrat fotografie. V dialogovém okně pro výběr souboru lze vybrat libovolné množství obrázků. Klepnutím na OK potvrdíme výběr. Nyní můžeme stisknout tlačítko Přidat fotografie a chvíli počkat, až program najde umístění všech fotografií. V závislosti na počtu trasových bodů a počtu přidávaných fotografií může tato operace chvíli trvat. Pokud měl fotoaparát přesně nastavený čas podle GPS přístroje, jsou fotografie umístěny na správných místech.

Pokud by však čas ve fotoaparátu nebyl nastaven přesně, funkce pro automatické hromadné přidání fotografií by ztrácela význam. Proto je také nabídnuta možnost použít funkci Opravení času. Pro tuto funkci se předpokládá, že fotografie pochází z jednoho fotoaparátu a mají tedy všechny čas posunutý o stejný úsek. Funkci opravení času zapneme zatržením položky v dialogovém okně pro hromadné přidávání fotografií. Tím se zaktivní seznam vybraných fotografií. Nyní je na uživateli, aby vybral fotografii, u které si pamatuje co nejpřesněji místo, kde byla pořízena, a dokáže toto místo najít na mapě. Stačí znát pozici u jediné fotografie. Zvolením fotografie v seznamu pro přidání se zaktivní tlačítko Označit pozici a přidat fotografie. Kliknutím na tlačítko se totiž tento dialog skryje a čeká se na označení bodu, kde byla podle uživatele pořízena vybraná fotografie. Označení bodu se provede již známým výběrem bodu myši a potvrzením výběru klepnutím myši. Program pak vypočítá časovou odchylku mezi časem pořízení fotografie a časem bodu a připočítá tento údaj ke každé další zpracovávané fotografii. Výsledkem je, že se všechny fotografie posunou o zjištěný časový interval a jejich pozice více odpovídá realitě.

Nejlépeších výsledků dosáhneme samozřejmě přesným nastavením času na fotoaparátu před začátkem záznamu trasy a pořízením první fotografie. Přesnost určení pozice fotografie také ovlivní nastavení GPS přístroje pro ukládání trasy. Častější interval záznamu bodů zvyšuje přesnost určení pozice fotografie. Pro pěší turistiku je také vhodné nastavení zaznamenávání bodu po určité uražené vzdálenosti, pro cykloturistiku nebo jízdu autem, kde se často mění rychlost pohybu, je zase většinou výhodnější zvolit automatický režim. Výhody a nevýhody jednotlivých nastavení pro určité situace jsou popsány výše v kapitole 3.2.2 Nastavení přístroje.

## 4.4 Grafy a statistiky

Když jsme si ve druhé kapitole stanovovali cíle projektu a zamýšleli se nad cílovou skupinou uživatelů, pro které bude aplikace prvotně určena, rozhodli jsme, že cílovou skupinou budou cestovatelé, pěší turisté či cykloturisté, kteří chtějí své cesty prezentovat ostatním. Pokud by byla aplikace určena například vrcholovým sportovcům, byla by tato kapitola jistě velmi obsáhlá. Tito sportovci by jistě potřebovali složité precizní grafy, na základě kterých by mohli dále směřovat svůj trénink a podobně. Naše aplikace se však tolik nezaměřuje na fyzické výkony uživatele, spíše má za úkol představit trasu jako takovou.

I pro účel prezentování trasy jsou však některé základní statistiky a grafy užitečné. Stanovili jsme si tedy některé základní údaje o trase a grafy, které správně dokreslí vlastnosti cesty. Z pouhé mapy si totiž někdy nelze udělat představu například o výškovém profilu, o přesné délce trasy a podobně. Tyto údaje tedy bude aplikace poskytovat. Konkrétně to budou tyto údaje: celková délka trasy, výškový rozdíl začátku a konce trasy, nejvyšší a nejnižší bod trasy, počet výškových metrů celkového stoupání a klesání, celková doba průchodu trasou včetně přestávek, délka trvání přestávek, délka trvání pohybu (doba průchodu trasou bez přestávek), průměrná a maximální rychlost pohybu.

Některé z výše uvedených údajů – délka trvání pohybu a průměrná rychlost – vyžadují detekovat přestávky a nezapočítávat je do některých statistik. Průměrná rychlost pohybu by byla každou přestávkou podstatně snížena. Detekce těchto přestávek probíhá na základě okamžité rychlosti. Ta se vypočítává ze vzdálenosti sousedních bodů a časového rozdílu těchto bodů. Je to tedy jen jakási průměrná rychlost mezi dvěma body, ale přesněji v tomto případě již rychlost určit nelze. Přestávka je detekována vždy, když aktuální rychlost klesne pod 0,1 m/s. Tato hodnota je pouze přibližná a ve fázi implementace je vhodné s ní méně experimentovat. Časový rozdíl mezi aktuálními dvěma body v případě, že aktuální rychlost klesne pod zvolenou úroveň, nebude započítán do celkové doby pohybu.

Tyto statistiky trasy budou také doplněny o základní grafy, konkrétně výškový a rychlostní profil trasy. Oba typy grafů mohou být vykresleny dvěma způsoby. Výškový profil trasy bude mít vždy na ose *Y* hodnoty nadmořské výšky v metrech. Na ose *X* však může být buď čas, nebo vzdálenost. Každý graf se pak mírně liší, zejména právě kvůli zastávkám, které jsou v grafu dobře patrné, pokud je na ose *X* čas. To stejné platí o rychlostním profilu trasy. Záleží pak jen na uživateli, který z grafů chce použít, proto jsou nabízeny oba.

Ke všem těmto údajům se uživatel dostane z menu *Zobrazit – Statistiky a grafy*. Otevře se nové dialogové okno. V záložkách můžeme přepínat mezi zobrazením statistik, grafů výškových profilů a grafů rychlostních profilů trasy. Statistiky trasy bude možné zkopírovat do schránky běžným způsobem. U každého grafu bude možnost exportovat graf do obrázku a uložit na disk, do uživatelem zvoleného umístění. Takto získaná data může později uživatel například vložit do prezentace či použít jiným vhodným způsobem.

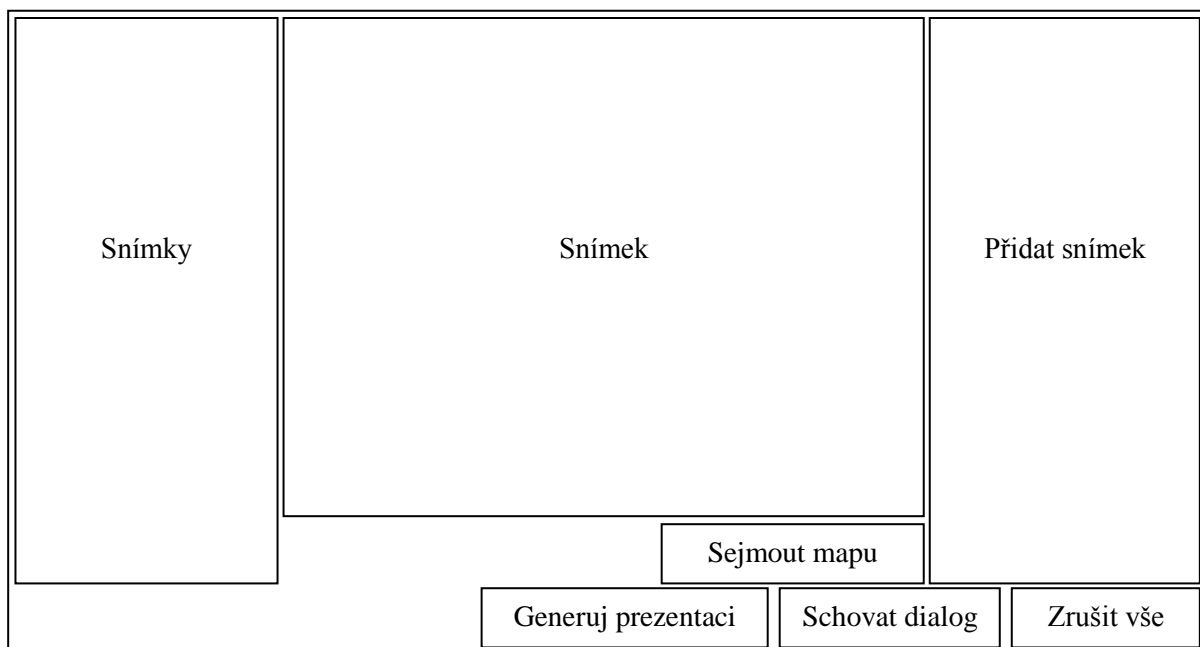
## 4.5 Sestavení prezentace

Jedním z požadovaných výstupů aplikace, je generování prezentací. V našem případě jsme zvolili generování prezentace v Open XML formátu. Druhou variantou bylo generování prezentace ve formátu PDF. Tato varianta by však uživateli neumožňovala vygenerovanou prezentaci dále upravit podle vlastních představ, proto byla zvolena možnost generovat upravitelnou prezentaci. Z používaných formátů, *ppt*, *pptx*, *odp* a dalších, byl zvolen formát *pptx* díky otevřenosti tohoto formátu a jeho velké rozšířenosti.



Podstatou možnosti generovat prezentaci v programu je urychlení práce při vytváření konečné prezentace v některém z dostupných editorů, ať už Microsoft PowerPointu nebo freeware editoru Impress z balíku OpenOffice. Sestavení prezentace spočívá pouze ve výběru bodů či fotografií, které chceme při prezentování trasy použít. Do prezentace se pak vloží jen fotografie a nadpis; v případě, že se jedná o bod bez fotografie, můžeme vytvořit snímek mapy. Vznikne tedy velice jednoduchá prezentace obsahující pouze obrázky, nadpisy a několik textů. Uživatel pak může v jeho oblíbeném editoru aplikovat na tuto jednoduchou prezentaci vlastní styl, upravit texty případně i obrázky, podle vlastního uvážení také zvolit nejrůznější animace a podobně. Již má však do prezentace vložené fotografie, které si vybral a snímky mapy, které by se jinak nevytvářely příliš snadno, což výrazně urychlí práci.

Rozhraní pro sestavení prezentace a její následné vygenerování najdeme v menu *Prezentace – Generovat prezentaci*. Abychom se mohli na jednotlivé ovládací prvky v textu odvolávat, doporučujeme prohlédnout si schéma okna pro sestavení prezentace na obrázku 4.2.



Obrázek 4.2: Schéma rozložení okna pro sestavení prezentace

Na obrázku 4.2 můžeme vidět, že dialogové okno pro sestavení prezentace je rozděleno do tří základních částí. Jsou to části *Přidat snímek*, *Snímek* a *Snímky*. V pravé části *Přidat snímek* bude umístěn seznam jednotlivých bodů a fotografií. Pojmenované trasové body budou v seznamu zobrazeny jako „Bod:“ a název bodu. Protože fotografie nemají dopředu známý název, jsou v seznamu zobrazeny jako „Foto:“ a název souboru s fotografií. Poklepáním na libovolnou položku v seznamu napravo dojde k jejímu přidání mezi snímky prezentace (levá část okna) a v prostřední části okna se zobrazí rozvržení daného snímku. Zároveň je také tato položka označena hvězdičkou. To znamená, že již byla do prezentace přidána. Aby nevznikaly duplicitní snímky, není možné

přidávat takto označené snímky do prezentace. Pokud bychom ale z nějakého důvodu chtěli přidat snímek znovu, můžeme tento seznam obnovit. Potom bude opět možné přidat libovolný snímek.

Po vybrání a poklepání na položku v seznamu předloh snímků vpravo, se v prostřední části zobrazí snímek, který je možný upravovat. Pokud se jednalo o fotografii, je fotografie na snímku ihned zobrazena a uživateli už jen stačí doplnit nadpis a komentář k této fotografii, pokud chce. Pokud byl zvolen některý z nabízených pojmenovaných trasových bodů, je automaticky vyplněn nadpis snímku názvem daného bodu. U obou zmíněných typů snímků lze měnit text nadpisu a komentáře. Není-li nadpis přednastaven, je v místě nadpisu zobrazen text „*Klepnutím vložíte nadpis...*“. Klepne-li uživatel na tento text myši, text se automaticky vymaže a textový kurzor zůstane v místě nadpisu. Uživatel tak může přímo začít psát text nadpisu. Stejně se chová pole komentář ve spodní části snímku, jen text je mírně odlišný – „*Klepnutím vložíte komentář...*“. Funkčnost však zůstává stejná. Změny ve snímku se ukládají ihned po ukončení psaní textu, přesněji řečeno při klepnutí myši mimo oblast textu nebo jiné ztrátě textového kurzoru v políčku s textem, například klávesou Tab. Není tedy již nutné nic potvrzovat či jinak ukládat.

Při zvolení pojmenovaného bodu máme sice vyplněn text nadpisu, ale prostor pro obrázek je v tuto chvíli prázdný. To proto, že aplikace umožňuje uživateli nastavit mapu do požadované pozice a vytvořit její snímek. Okno dialogu je pak skryto a uživatel v hlavním aplikačním okně provede sejmnutí snímku mapy. Potom bude dialog pro sestavení prezentace opět zobrazen a na aktuálním snímku vložen snímek mapy. Této funkci věnujeme samostatnou podkapitulu, kde se dozvíme mnohem podrobněji, jak je tato funkce navržena.

Poslední částí okna dialogu pro sestavení prezentace je část vlevo, nazvaná *Snímky*. Je to seznam snímků, které budou použity pro generování prezentace. V tomto seznamu je zobrazen také aktuálně rozpracovaný nově přidávaný snímek. Výběrem snímku ze seznamu jej otevřeme a zobrazíme v prostřední části okna, přičemž je samozřejmě zajištěno uložení změn ve snímku, který mohl být předtím rozpracovaný. Zvolený snímek pak můžeme upravovat dle libosti.

Nyní se ještě stručně zmíníme o funkci tlačítek ve spodní části okna. Řeč je o tlačítkách *Zrušit vše*, *Schovat dialog* a *Vygeneruj prezentaci*.

První jmenované tlačítko *Zrušit vše* provede zavření okna dialogu. Zavřením okna by však uživatel ztratil veškerou práci na prezentaci, pokud ji již nevygeneroval a neuložil do souboru na disku. Proto je uživatel při stisku tohoto tlačítka dotázán, zda chce opravdu okno zavřít a je informován i o následcích, které by toto rozhodnutí mělo (ztráta rozpracované prezentace). Pokud tedy na otázku, zda chce opravdu zavřít toto okno, odpoví stiskem tlačítka *Ano*, bude vše zrušeno a okno se zavře. V opačném případě, stiskem tlačítka *Ne*, se vrátí zpět a nic se nemění, vše zůstává v původním stavu. Tato výzva je samozřejmě zobrazena také v případě, že se uživatel pokusí zavřít dialog pro sestavení prezentace červeným křížkem v pravé horní části okna.

Dalším tlačítkem je tlačítko *Schovat dialog*. Toto tlačítko pouze skryje dialog, avšak všechna rozpracovaná data zůstanou zachována v paměti. Uživatel se tak může vrátit k úpravám trasy a dialog

potom vyvolat běžným způsobem z hlavního menu. Tento dialog je pak zobrazen ve stejném stavu, jako byl skryt. Pokud byly do trasy přidány nové názvy nebo fotografie, je třeba obnovit seznam předloh snímků tlačítkem *Obnovit seznam* v pravé, výše popisované části *Přidat snímek*. Jinak nebudou nově přidané snímky v prezentaci dostupné. Žádná další funkčnost tím ale není omezena.

Konečně se dostáváme k tlačítku *Vygeneruj prezentaci*. Stisknutím tohoto tlačítka je uživateli zobrazen systémový dialog pro uložení souboru, kde je vyzván k výběru umístění a názvu výstupního souboru prezentace. Po potvrzení tohoto dialogu se spustí proces generování prezentace. Tato operace je zajímavá zejména po implementační stránce a seznámíme se s ní tedy v kapitole Implementace.

### 4.5.1 Vytvoření snímku mapy

V této kapitole si popíšeme, jak je navrženo vkládání snímků mapy do prezentace. V kapitole Sestavení prezentace jsme se již o této funkci zmínili. Při otevření snímku prezentace je v případě, že se jedná o pojmenovaný bod trasy, zobrazeno tlačítko *Sejmout mapu*.

Stiskem tohoto tlačítka se přepneme do stavu přípravy mapy pro vytvoření snímku. Dialog pro sestavení prezentace je skryt a v hlavním aplikačním okně je zobrazeno velké červené tlačítko *Sejmout snímek mapy*.

Aplikace je teď ve stavu, kdy může uživatel nastavit mapu podle svých potřeb. K dispozici jsou všechny možnosti nastavení a úprav mapy. Můžeme libovolně přibližovat či oddalovat mapu, měnit typ mapy, skrýt názvy bodů či ikony fotografií, používat můžeme také tlačítka pro procházení jednotlivých pojmenovaných bodů a fotografií a provádět všechny změny trasy, jako mazání bodů či úprava názvů bodů a fotografií. Je také možné zapnout režim off-line. Snímek mapy pak obsahuje jen linku trasy bez mapového podkladu. Menu *Prezentace* je ale v tuto chvíli zakázáno. Do prezentace se můžeme vrátit pouze stisknutím velkého červeného tlačítka.

Stiskem tlačítka *Sejmout snímek mapy* bude do obrázku uložena nastavená mapa. Její vzhled je přesně identický s mapou v aplikaci. Jen v režimu off-line je trasa vykreslena na bílém podkladu.

# 5 Implementace

V této kapitole se seznámíme s objektovým modelem aplikace, tedy s třídami, které implementují jednotlivé funkce programu. V druhé části kapitoly pak vybereme některé zajímavé funkce a popíšeme je podrobně. Zaměříme se zejména na to, jak jsou tyto funkce v naší aplikaci vytvořené a jaké jsou k tomu použity prostředky.

Jak již bylo zmíněno, aplikace je navržena objektově. I zvolený programovací jazyk – C# – je tedy objektově orientovaný. Je jím programovací jazyk C#. Tento moderní programovací jazyk byl vyvinut společností Microsoft a je založen na jazycích C++ a Java.

## 5.1 Objektový model

Jádro aplikace tvoří třídy `TrackPoint`, `Track`, `Map` a `TrackViewer`. Třída `TrackPoint` obsahuje informace o trasovém bodu, jeho *pozici*, *nadmořské výšce*, *času*, *názvu* a *přířazené fotografii*. Neimplementuje žádné metody.

Třída `Track`, jak již název napovídá, představuje prošlou trasu. Uchovává informace o trase, jako je *jméno GPX souboru* s trasou, *název trasy* a *trasa* samotná. Ta je uložena jako pole trasových bodů. Jednotlivé body, prvky pole, jsou instancemi třídy `TrackPoint`. Pole je typu `ArrayList`, má tedy neomezenou velikost a také značně usnadňuje úpravy trasy, například odstraňování bodů. Třída implementuje metody pro práci s trasou. Metody `LoadTrack` a `SaveTrack` zajišťují načítání a ukládání trasy v GPX formátu. Metoda `DeletePoint` umožňuje smazat bod, metoda `DeletePoints` pak provede hromadné smazání více bodů.

Třída `Map` představuje mapu. Ne však jako grafický objekt, nýbrž zajišťuje výpočty trasy, mapové podklady a podobně. Uchovává mimo jiné *typ mapy*, *hodnotu přiblížení*, *pole viditelných trasových bodů*, *pole pojmenovaných bodů*, *pole fotografií* a mnoho dalších vlastností mapy. Najdeme zde také dvojrozměrné pole `pointsOnMap`, což je matice bodů usnadňující výběr bodů v mapě. O této funkci si povíme v kapitole 5.2.2.3 Výběr bodu. Třída `Map` také implementuje metody pro práci s mapou. Zmíním zde jen ty nejdůležitější. Metoda `FullTrack` zajišťuje zobrazení celé trasy přes celou mapu. Metoda `Zoom` provádí přiblížení či oddálení mapy. Zajistí také přepočítání všech trasových bodů na mapě zavoláním privátní metody `FindVisiblePoints`.

O grafické zobrazení mapy se stará třída `TrackViewer`. Je to třída odvozená od třídy `System.Windows.Forms.UserControl`. Uchovává si *viditelnou trasu k vykreslení*, *názvy bodů* a *fotografie*, které na mapu vykresluje jako ikony. Stará se také o stažení a vykreslení mapového podkladu metodou `ShowMap`. Přetěžuje metodu `OnPaint`, ve které vykresluje trasu, názvy bodů

a ikony fotografií. Metoda `MapToImg` umožňuje uložit mapu do obrázku včetně mapového podkladu.

Pojmenovaný bod či fotografii přiřazenou k bodu představují třídy `NamedPoint` a `Photograph`. Ukládají vlastnosti bodu či fotografie, jako jsou *název bodu* či *jméno souboru* s fotografií, *pořadové číslo* bodu v celé trase a *souřadnice* v mapě, na které se má vykreslit.

Tyto třídy zajišťují základní funkčnost aplikace. Následující třídy, které zde zmíníme, rozšiřují aplikaci o další funkce. Třída `dlgAddPhotos` zajišťuje zobrazení dialogového okna pro hromadné přidání fotografií a veškerou jeho funkčnost. Stejně tak třída `dlgStatistics` zajišťuje zobrazení nového okna, dále pak provádí výpočet statistik trasy a jejich zobrazení v grafech. Třída `PictureViewer` zobrazuje fotografii přes celou obrazovku. Stejně jako předchozí dvě je odvozená od třídy `System.Windows.Forms.Form` a zobrazuje se jako nové okno.

O sestavení a generování prezentace se starají třídy `dlgPresentation`, `Slide` a `Presentation`. Třída `dlgPresentation` zobrazuje nové okno pro sestavení prezentace a implementuje jednotlivé operace pro sestavení prezentace. Třída `Slide` představuje snímek prezentace a uchovává vlastní obsah snímku, jako je *nadpis*, *komentář*, *obrázek* a další. Prezentaci představuje třída `Presentation`. Metody této třídy zajišťují také generování výsledné prezentace ve formátu *pptx*.

## 5.2 Implementace funkcí programu

Seznámili jsme se s jednotlivými třídami aplikace. Nyní se dozvíme, jak jsou vybrané stěžejní funkce implementovány a jaké k tomu využívají prostředky.

### 5.2.1 Čtení a zápis GPX formátu

Čtení trasy ze souboru formátu GPX provádí metoda `LoadTrack` třídy `Track`. Zápis provádí metoda `SaveTrack` stejné třídy. Jak jsme se dozvěděli v kapitole 3.2.1 Formát GPX na straně 10, formát GPX je dokument typu XML. Můžeme tedy použít běžně dostupné nástroje pro manipulaci dokumentů XML.

Pro načítání trasy byla použita třída `XmlTextReader`, která umožňuje dopředné čtení XML formátu. Metoda `LoadTrack` třídy `Track` se pokusí vytvořit instanci třídy `XmlTextReader` ze zadaného souboru. Pokud se to nepodaří, zadaný soubor zřejmě není ve formátu XML, zachytíme výjimku a metoda `LoadTrack` vrátí `-1`. V opačném případě přejdeme do cyklu, ve kterém čteme kořenový uzel *gpx* a jeho atributy. Tento uzel je v GPX formátu povinný, proto pokud ho nenajdeme, metoda končí a vrací `-1`. Existuje-li tento uzel, uložíme jeho atributy jako atributy třídy `Track`. Potom můžeme pokračovat do smyčky, která čte jednotlivé trasové body. U každého bodu přečteme jeho atributy *lat* a *lon* určující zeměpisnou polohu, uzel *ele* určující výšku bodu, *time*

určující čas, *name* určující název bodu a *desc* určující soubor s fotografií. Z těchto získaných informací vytvoříme instanci třídy `TrackPoint` a přidáme do pole `ArrayOfTrackPoints`.

Obdobně probíhá zápis GPX souboru. Zápis obstarává metoda `SaveTrack` třídy `Track`. Vytvořením instance třídy `XmlTextWriter` vytvoříme nový soubor nebo přepíšeme stávající. Kódování souboru nastavíme na UTF-8. Pokračujeme zápisem kořenového uzlu *gpx* a jeho atributů. Následně zapíšeme uzly *trk* a *trkseg*, reprezentující trasu a trasový segment. V cyklu pak procházíme všechny body trasy a vytváříme pro ně patřičné uzly. Pokud má bod zadán název či fotografii, zapíšeme k bodu také uzel *name*, obsahující jméno bodu, či *desc*, obsahující název souboru s fotografií. Nezapomeneme uzavřít otevřené uzly *trkseg*, *trk* a *gpx* a otevřený stream příkazem `Close()`.

## 5.2.2 Mapa

Pro práci s mapou jsou určeny dvě třídy. Třída `Map` a třída `TrackViewer`. Třída `Map` představuje mapu se všemi atributy a metodami pro její ovládání, třída `TrackViewer` pak mapu zobrazuje na hlavním formuláři.

### 5.2.2.1 Výpočet parametrů pro mapový podklad

Metoda `FullTrack` třídy `Map` provádí výpočet ideální pozice a hodnoty přiblížení mapy, aby byla na mapě zobrazena celá trasa. K tomu je třeba udělat několik kroků. Musíme napřed najít hranice trasy, tedy najít nejmenší a největší zeměpisnou šířku *lat* a zeměpisnou délku *lon*. Z nich určíme zeměpisné souřadnice středu mapy.

Dále musíme určit hodnotu přiblížení. Jak již bylo řečeno v kapitole *Mapové podklady* na straně 15, při přiblížení mapy o jednu jednotku se měřítko zmenší přesně dvakrát. Hodnotu přiblížení získáme porovnáním vzdálenosti krajních bodů mapy a krajních bodů trasy. Vzdálenost krajních bodů mapy při nejnižší hodnotě přiblížení známe, rovná se obvodu rovníku. Zde však musíme dát pozor, protože to podle dokumentace Google Static Maps API [7] platí pro základní výřez mapy velikosti 256x256 pixelů. Naše mapa má však rozměr 640x640 pixelů. Vzdálenost krajních bodů mapy tedy musíme přepočítat pro naši mapu. Naše mapa je 2,5krát větší než základní výřez, vzdálenost krajů mapy bude tedy přesně 2,5krát větší než obvod rovníku referenčního elipsoidu. V cyklu tuto hodnotu dělíme dvěma a porovnáváme se vzdáleností krajních bodů trasy. S každou iterací zvýšíme hodnotu přiblížení. Až je vzdálenost krajů trasy delší než vzdálenost krajů mapy, cyklus končí a předchozí hodnota přiblížení je hledanou hodnotou.

Máme tedy vypočítány dva zásadní parametry trasy, souřadnice středu a hodnotu přiblížení `zoomLevel`. Zavoláním metody `GenerateMapURL` vygenerujeme URL adresu pro požadovaný mapový podklad.

### 5.2.2.2 Výpočet vzdálenosti bodů

Třída `Map` také implementuje metodu pro výpočet vzdálenosti dvou bodů zadaných zeměpisnými souřadnicemi. Jedná se o metodu `DistHaversine`. Pro výpočet používá algoritmus *Haversine*. V GPS přístrojích, ale i v některých programech, se běžně používá algoritmus *Great Circle*. Jeho výpočet je rychlejší, ale je zatížen u malých vzdáleností velkou zaokrouhlovací chybou. Oba tyto algoritmy počítají vzdálenost jako nejkratší spojnici bodů po povrchu koule. To pochopitelně není přesné, protože Země nemá tvar přesné koule. Přesný algoritmus je například algoritmus *Vincenty*, který počítá se zemí jako s rotačním elipsoidem. Srovnání algoritmů je dostupné v dokumentu [10]. V zeměpisných šířkách České republiky byla naměřena odchylka algoritmu *Haversine* a *Vincenty* přibližně 50 metrů na 100 km. Pro potřeby zobrazení trasy je tedy přesnost dostatečná, neboť výsledná souřadnice v mapě by v tomto případě nebyla posunuta ani o celý pixel.

Naše metoda tedy používá algoritmus *Haversine*. Jeho matematická rovnice, publikovaná v časopise *Sky and Telescope* [11], přepsaná do zdrojového kódu vypadá takto.

```
dLat = lat2 - lat1;
dLon = lon2 - lon1;
a = Pow(Sin(dLat/2),2) + Cos(lat1) * Cos(lat2) * pow(Sin(dLon/2),2);
d = R * 2 * Atan2(Sqrt(a), Sqrt(1-a));
```

*Algoritmus 5.1: Algoritmus Haversine pro výpočet vzdálenosti*

`R` je poloměr Země, `lat` a `lon` jsou zeměpisné souřadnice bodu a `d` je výsledná vzdálenost v metrech. Uvedený úsek kódu předpokládá hodnoty úhlů v radiánech. K převodu stupňů na radiány slouží metoda `DegToRad` ve stejné třídě.

### 5.2.2.3 Výběr bodu

Výběr bodu trasy je realizován na základě pozice kurzoru myši nad mapou na hlavním formuláři. Vyhledávat při každém pohybu myši v poli trasových bodů bod, nad kterým je kurzor, by nebylo efektivní zejména u delších tras. Proto byl zvolen jiný postup. Vytvořili jsme dvojrozměrné pole `pointsOnMap` o velikosti stejné jako rozlišení mapy, tedy 640 x 640 prvků. Do tohoto pole se při každém přepočítání trasy v metodě `FindVisiblePoints` třídy `Map` uloží, na indexy rovné souřadnicím bodu v mapě, pořadové číslo bodu v rámci celé trasy. Pořadové číslo je také zapsáno do osmi-okolí bodu pro usnadnění výběru bodu. V handleru události `MouseMove` objektu `trackViewer1` pak jen přečteme hodnotu z pole `pointsOnMap`, která je na indexech, rovných souřadnicím kurzoru myši. Pokud je tato hodnota větší než `-1`, znamená to, kurzor myši je nad některým trasovým bodem a hodnota získaná hodnota je pořadovým číslem tohoto bodu v rámci celé trasy. Zavoláním metody `SetSelectedPoint` předáme objektu `trackViewer1` souřadnice vybraného bodu, na kterých má vykreslit zvýraznění v podobě žlutého kroužku. Pořadové číslo bodu využijeme také pro přístup k informacím o bodu v poli trasových bodů `ArrayOfTrackPoints`,

kteře vypíšeme do políček na hlavním formuláři. Zrušení vybrání bodu se provede zavoláním stejné metody `SetSelectedPoint`, tentokrát s parametrem `false`.

### 5.2.3 Hromadné přidání fotografií

Funkce hromadného přidání fotografií se snaží najít nejbližší bod trasy ke skutečnému bodu pořízení fotografie a přiřadit mu fotografii. Využívá k tomu pouze čas pořízení fotografie a časy jednotlivých trasových bodů. Tato funkce vyžaduje nastavení přesného času na fotoaparátu. Umožňuje také použít korekci času v případě, že nebyl čas fotoaparátu nastaven přesně. Návrh této funkce jsme řešili v kapitole *Hromadné přidání fotografií* na straně 18. Dále se budeme zabývat jen samotným algoritmem nalezení nejbližšího bodu.

Algoritmus je implementován v metodě `AddPhotos` ve třídě hlavního formuláře, která je volaná jako reakce na událost `Add` vyvolané v dialogovém okně pro přidání fotografií. Nejprve musíme z EXIF fotografie přečíst čas pořízení fotografie. Podle specifikace formátu EXIF [12], má tato informace, reprezentovaná v C# třídou `PropertyItem`, id `0x9003`. V poli `img.PropertyItems`, kde `img` je zpracováváný obrázek, vyhledáme položku typu `PropertyItem` s požadovaným id. Časová značka je uložena jako řetězec v kódování ASCII, formát času je ve tvaru "yyyy:MM:dd HH:mm:ss". Metodou `DateTime.ParseExact` převedeme text na objekt typu `DateTime`.

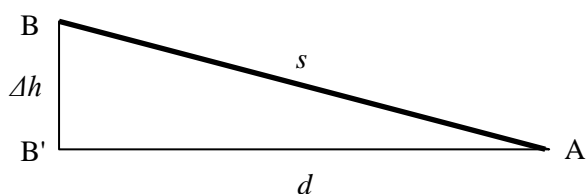
Nyní již můžeme přejít k porovnávání časů fotografií a trasových bodů. Před začátkem cyklu ještě zkontrolujeme, zda je čas fotografie mezi časy začátku a konce trasy, jinak by zřejmě fotografie k trase nepatřila nebo byla špatně zadaná hodnota korekce a algoritmus se může ukončit. Hodnota korekce je typu `TimeSpan` a její hodnota je vždy připočtena k času pořízení fotografie. Pokud není použita funkce pro opravení času, je hodnota korekce 0. Po této kontrole začneme v cyklu procházet všechny body trasy. U každého bodu vypočítáme časový rozdíl fotografie a bodu. Pokračujeme dokud je hodnota časového rozdílu větší než 0, tedy fotografie má pozdější čas než je čas bodu. Pokud je časový rozdíl roven nule, našli jsme přesně bod pořízení fotografie. Fotografie přiřadíme bodu a algoritmus končí. Pokud je časový rozdíl menší než nula, znamená to, že časová značka aktuálního bodu je již starší než fotografie. Cyklus tedy můžeme ukončit a zbývá rozhodnout, zda fotografii přiřadíme k předchozímu nebo aktuálnímu bodu. Rozhodnutí proběhne na základě porovnání časových rozdílů od fotografie k těmto dvěma bodům. Fotografie je nakonec přiřazena k bodu s kratším časovým rozdílem, přičemž nezáleží na tom, zda je rozdíl kladný či záporný.

### 5.2.4 Statistiky a grafy

Statistiky trasy jsou stejně jako data pro grafy vypočítány ihned při vytvoření instance třídy `dlgStatistics`. Zajišťují to metody `CreateStatistics` a `CreateGraphs` volané přímo z konstruktoru.



Výpočet statistik je implementován jako jednorůchodový, v jednom cyklu se tedy postupně vypočítává hned několik statistických údajů trasy zároveň. Třída `dlgStatistics` implementuje metodu pro výpočet vzdálenosti dvou zeměpisných bodů `DistHaversine` a pomocnou metodu `DegToRad` pro převod souřadnic ve stupních na radiány. Metoda `DistHaversine` využívá stejný algoritmus jako stejně pojmenovaná metoda ve třídě `Map` (viz. *Algoritmus 5.1* na straně 27). Vrací také vzdálenost v metrech. Tato vzdálenost je ale jen plošná, nepočítá s prodloužením trasy při překonání převýšení. Metoda `GetRealDistance` proto započítává do vzdálenosti i převýšení. Tato situace je znázorněna na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Schéma pro výpočet skutečné vzdálenosti

Strana  $d$  trojúhelníku na obrázku představuje plošnou vzdálenost vypočítanou metodou `DistHaversine`.  $\Delta h$  je změna nadmořské výšky bodů  $A$  a  $B$ . Strana  $s$  představuje skutečnou přímou vzdálenost bodů  $A$  a  $B$  v terénu. Pokud bude  $\Delta h$  nenulové, bude  $AB$  vždy delší než  $AB'$ . Výpočet skutečné vzdálenosti  $s$  je pak jednoduše realizován Pythagorovou větou.

$$s = \sqrt{d^2 + \Delta h^2} \quad (5.1)$$

Jisté statistické údaje o trase, jako je průměrná rychlost pohybu či doba pohybu, vyžadují detekovat v trase přestávky a jejich dobu trvání nezapočítávat do celkových statistik. V metodě `CreateStatistics` je to realizováno na základě porovnání rychlosti bodu s danou prahovou hodnotou rychlosti. Pokud rychlost mezi dvěma body klesne pod zvolený práh, není časový rozdíl těchto bodů připočítán do celkové doby trvání pohybu. Zbývá určit vhodnou hodnotu prahu. Z grafů tras různých typů, jako pěší trasa, cyklotrasa nebo trasa autem, se ukázala jako nejvhodnější prahová hodnota rychlosti  $1 \text{ km/h}$ , tedy přibližně  $0,28 \text{ m/s}$ . Touto hodnotou jsme dosáhli dobré detekce přestávky a také eliminovali případné menší nepřesnosti vlivem kolísání kvality příjmu GPS signálu během přestávky.

#### 5.2.4.1 Vykreslení grafů

O získání dat pro grafy a jejich vykreslení se stará metoda `CreateGraphs`. Pro každý graf provede jeden průchod trasou a přidává vypočítaná data průběžně do objektu typu `PointPairList` zavoláním jeho metody `Add`. Třída `PointPairList` je z prostředí `ZedGraph`. Toto prostředí umožňuje tvorbu interaktivních grafů. Na domovské internetové stránce projektu [13] jsou k dispozici ke stažení zdrojové kódy projektu v C# nebo již přeložené dynamické knihovny `dll`. Programová dokumentace ke třídám tohoto prostředí je dostupná na internetové stránce projektu.

Prostředí ZedGraph obsahuje rozhraní `UserInterface`, které můžeme umístit na formulář a stará se pak o vykreslení grafu. Tomuto objektu pak zavoláním jeho metody `AddCurve` předáme data trasy vypočítaná při zmíněném průchodu v cyklu trasovými body. Komponenta na formuláři sama umožňuje přiblížení výřezu mapy pomocí myši, zobrazení kontextové nabídky s možnostmi zobrazovat hodnoty grafu, uložit graf do obrázku a podobně.

## 5.2.5 Generování prezentace

V této kapitole si popíšeme implementaci generování prezentace. Zaměříme se zejména na samotné vytváření jednotlivých snímků a jejich přidání do prezentace. Předpokládáme, že je již prezentace sestavena a máme tedy k dispozici všechny obrázky a texty. Na úvod je třeba zmínit strukturu prezentace formátu *OpenXML*. Tvoří ji adresářová struktura, obsahující řadu `xml` souborů, zabalená metodou `zip`. Nejdůležitější jsou soubory `slideXX.xml`, představující jednotlivé snímky, a `presentation.xml`, spojující snímky do jedné prezentace.

Generování prezentace zajišťují třídy `SlideGenerator` a `Template`. Obě jsou umístěny v adresáři `OpenXML` v projektu. Třída `Template` zajišťuje vytvoření celé struktury prezentace. Je vygenerována pomocí nástroje *Open XML SDK 2.0 Productivity Tool* na základě prezentace vytvořené v programu *PowerPoint* balíku *Microsoft Office 2007*. Tato prezentace obsahuje jediný snímek, který definuje rozložení prvků na snímku a jejich vzhled. Metody pro úpravu tohoto snímku a jeho přidávání do výsledné prezentace implementuje třída `SlideGenerator`.

Metoda `AddNewSlides` řídí celý proces vytváření prezentace. Jejím parametrem je seznam objektů typu `MySlide`, které jsme využívali při sestavování prezentace. V cyklu tedy procházíme tyto objekty a pro každý vytvoříme nový snímek prezentace zavoláním metody `AddNewSlide`. Po zpracování všech snímků v seznamu odstraní metoda první snímek, sloužící jako předloha pro ostatní. Změny v prezentaci nakonec uloží zavoláním metody `Save` třídy `Presentation`.

Vraťme se nyní k metodě `AddNewSlide`. Jak již víme, vytváří nový snímek a přidává ho do prezentace. Ukažme si nyní její postup. Nejprve vytvoří nový prvek – `SlidePart`. Do tohoto prvku zkopírujeme šablonu, tedy první snímek prezentace. Tím máme vytvořen nový slide s rozložením komponent, zbývá ho naplnit. Přidáme tedy napřed obrázek – prvek `ImagePart`. Metodou `FeedData` uložíme obrazová data do prezentace. Dále je nutné přizpůsobit velikost obrázku. To zajišťuje třída `Transform2D`. Nesmíme zapomenout nastavit reference na obrázek v souboru `slide.xml`. V dalším kroku zapíšeme text nadpisu a komentáře. K tomu slouží metoda `SwapPlaceholderText`. Vyhledá textové pole podle předvyplněného textu. Nadpis je předvyplněn textem `#nadpis#`, komentář textem `komentar`. Tato textová pole vyplní patřičnými textovými řetězci. Zbývá uložit upravovaný snímek, přidělit mu jedinečné `Id` a vložit ho nakonec seznamu snímků v souboru `presentation.xml`.

## 6 Testování

V této kapitole provedeme testování aplikace. Na dvou typově rozdílných trasách provedeme několik testů a vyhodnotíme jejich výsledky. V první části kapitoly se bude jednat o testy spojené s přesností výpočtu pozice bodu na mapě. V druhé části kapitoly budeme porovnávat statistické údaje trasy naší aplikace s údaji jiných podobných dostupných programů.

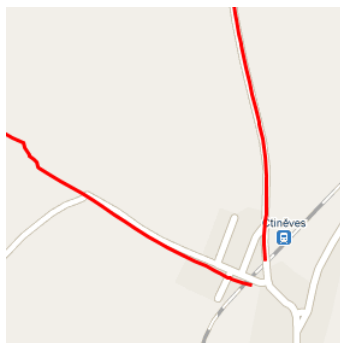
První testovací trasou je krátká pěší trasa v rámci České republiky. Budeme ji označovat jako *trasa 1*. Druhá trasa, budeme ji označovat *trasa 2*, je naopak velmi dlouhá jednodenní trasa autem z České republiky do Chorvatska. Obě trasy byly pořízeny turistickým GPS přístrojem Garmin *etrex Venture Cx* a bylo použito výchozí automatické nastavení záznamu trasy. O tom, jak nastavení záznamu trasy ovlivní přesnost a použitelnost GPS údajů, se dočteme v kapitole *Nastavení přístroje* na straně 10.

### 6.1 Přesnost určení polohy

Jako první testujeme *trasu 1*. Její tvar je znázorněn na obrázku 6.1. Jedná se o přibližně 6 kilometrů dlouhý okruh, jehož začátek a konec jsou blízko sebe. Vykreslená trasa odpovídá skutečnosti, přesnost demonstruje obrázek 6.2. Jedná se o výřez mapy počátečního a koncového bodu trasy. Skutečná trasa v těchto místech vedla po silnici. Můžeme pozorovat, že někde trasa přesně kopíruje silnici, jinde dochází k odchýlkám. Ty jsou však způsobené spíše nepřesnostmi mapového podkladu. Obrázek 6.3 zobrazuje přesně stejný výřez mapy na satelitním mapovém podkladu. Zde již trasa vede přesně po silnici. Můžeme tedy říct, že tato trasa je vykreslena správně.



Obrázek 6.1:  
Tvar celé trasy 1



Obrázek 6.2:  
Mapový podklad Roadmap



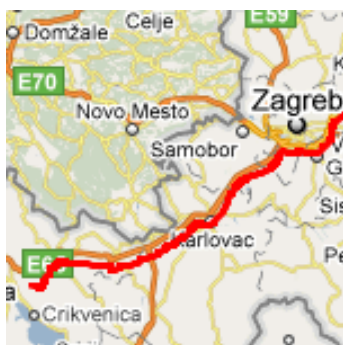
Obrázek 6.3:  
Mapový podklad Satellite

Jiná situace však nastává při vykreslení *trasy 2*. Její podoba je zachycena na obrázku 6.4. Tato trasa je dlouhá bezmála 650 kilometrů. Na první pohled je na ní patrná nepřesnost v krajních bodech. Obrázek 6.5 ukazuje detailněji konec trasy na jihu. Trasa by měla být správně vykreslena na dálnici (žlutá linka), ale je posunuta ve svislé ose o několik obrazových bodů jižněji. Ve vodorovné ose je

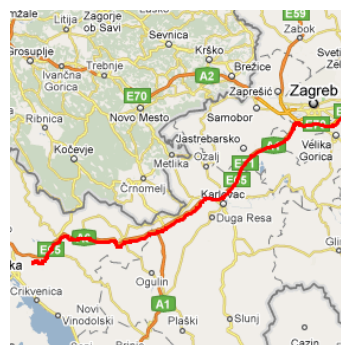
však vykreslena bez posunutí. Tato chyba je způsobena Mercatorovým zobrazením (*viz kapitola 3.3.1 na straně 12*), přesněji jeho nepřesným použitím. Rovnoběžky v tomto zobrazení nejsou na mapě stejně daleko od sebe. Při nízkých hodnotách přiblížení je tedy mapa ztlačená v ose *Y*. Míra „ztlačení“ záleží na zeměpisné šířce, ve které se pohybujeme. Server Google Maps však provádí automaticky korekci tohoto zkreslení pro každou mapu tak, aby měla stejné měřítko v ose *X* i v ose *Y*. Při takto nízkých hodnotách přiblížení, jako je u *trasy 2*, je však rozdíl zkreslení severního a jižního okraje ztlačený. Při vyšších hodnotách přiblížení, které jsou více běžné a používané, je pak rozdíl zkreslení okrajů mapy zanedbatelný a zobrazení mapy přesné. Při přiblížení trasy o jednu hodnotu již byla trasa vykreslena výrazně přesněji, jak to ukazuje obrázek 6.6.



Obrázek 6.4:  
Celá trasa



Obrázek 6.5:  
Detail nepřesnosti



Obrázek 6.6:  
Přiblížená trasa

Pro eliminaci těchto nepřesností je nutné zjistit, jak přesně server Google Maps korekce provádí a k nim přičíst ještě vlastní jemnější korekce okrajů mapy. To se mi však zjistit nepodařilo. Další možností je použít jiné mapové podklady, které umožňují zjistit přesné zeměpisné souřadnice krajních bodů mapy.

## 6.2 Statistiky trasy

Mnohem objektivněji než v předchozích testech se dají posoudit statistické údaje o trase vypisované naší aplikací. V tabulce 6.1 na následující straně je přehledné srovnání údajů *trasy 1* s údaji jiných aplikací. V tabulce 6.2 jsou pak srovnány údaje *trasy 2*. V prvním sloupci jsou uvedeny hodnoty naší aplikace (*GPSTrackPresenter*), v následujícím jsou hodnoty online generátoru reportů *uTrack* (dostupný na <http://utrack.crempa.net>), třetí sloupec patří hodnotám z aplikace *Active GPX*, která je volně dostupná jen v Demo verzi, tudíž neposkytuje všechny údaje o trase, které by mohla. Poslední aplikací pro srovnání je aplikace *SportTracks*.

| Typ hodnoty [jednotka]    | GPSTrack Presenter      | uTrack  | Active GPX              | SportTracks        |
|---------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|--------------------|
| Celková délka [m]         | 6,113                   | 6,1     | 5,987                   | 5,99               |
| Doba trvání [h:m:s]       | 2:19:10                 | 2:19:10 | 2:19:10                 | 2:19:10            |
| Převýšení [m]             | 1,7                     | 1,5     | -                       | -                  |
| Stoupání [m]              | 367,6                   | 369     | -                       | 237                |
| Klesání [m]               | 365,9                   | 367     | -                       | 254                |
| Průměrná rychlost [km/h]  | 3,9 (2,6 <sup>1</sup> ) | 5,3     | 4,5 (2,6 <sup>1</sup> ) | 2,58 <sup>2</sup>  |
| Maximální rychlost [km/h] | 37                      | 10,6    | 37                      | 14,34 <sup>2</sup> |

Tabulka 6.1: Srovnání údajů trasy 1

| Typ hodnoty [jednotka]    | GPSTrack Presenter        | uTrack   | Active GPX                | SportTracks        |
|---------------------------|---------------------------|----------|---------------------------|--------------------|
| Celková délka [m]         | 646,055                   | 645,3    | 645,406                   | 645,54             |
| Doba trvání [h:m:s]       | 13:05:04                  | 13:05:04 | 13:05:04                  | 13:05:04           |
| Převýšení [m]             | 627,5                     | 627      | -                         | -                  |
| Stoupání [m]              | 4092,1                    | 4089     | -                         | 1373,3             |
| Klesání [m]               | 3464,6                    | 3462     | -                         | 603                |
| Průměrná rychlost [km/h]  | 70,4 (49,4 <sup>1</sup> ) | 71,7     | 68,6 (49,3 <sup>1</sup> ) | 49,31 <sup>2</sup> |
| Maximální rychlost [km/h] | 153,7                     | 144,4    | 153,7                     | 150 <sup>2</sup>   |

Tabulka 6.2: Srovnání údajů trasy 2

V těchto tabulkách můžeme u některých testovaných hodnot pozorovat poměrně velké rozdíly, zejména u hodnot týkajících se rychlosti. Podle hodnoty maximální rychlosti můžeme odhadnout, že aplikace *Active GPX*, stejně jako naše aplikace, neprovádí automatické korekce nepřesností na trase. V grafu rychlostního profilu v naší aplikaci je vidět, že hodnota maximální rychlosti trasy 2 (153,7 km/h) je způsobena nepřesností signálu GPS, neboť se oproti rychlosti okolních bodů změní skokově. Zbývající dvě aplikace se zřejmě určitým způsobem snaží nepřesnosti eliminovat, každá však s odlišnými výsledky.

Převýšení, celkové stoupání a klesání trasy uvádí shodně, jen s minimálními rozdíly, naše aplikace a aplikace *uTrack*. Naopak aplikace *SportTrack* uvádí zcela jiné hodnoty. Proto byly hodnoty celkového stoupání a klesání naší aplikace v trase 1 ověřeny přibližným odečtením těchto hodnot z terénní mapy Google Maps. Toto potvrdilo správnost hodnot naší aplikace a aplikace *uTrack*. Hodnoty aplikace *SportTrack* mají zřejmě jiný charakter.

Celkovou délku trasy udávají všechny aplikace přibližně stejně. Naše aplikace však udává nejdelší vzdálenost. V trase 2, dlouhé téměř 650 km, uvádí trasu delší přibližně o 600 metrů oproti ostatním. Jedná se tedy o rozdíl jedné tisíce, u kratších tras je tedy rozdíl téměř neznamatelný.

<sup>1</sup> Průměrná rychlost se započítáním času zastávek

<sup>2</sup> Údaj přepočítán z jednotek min/km

## 7 Závěr

Cílem práce bylo seznámit se s činností běžných GPS přijímačů a s formáty, které tyto přístroje využívají k zaznamenávání prošlých tras, zejména s formátem GPX, a na základě těchto poznatků navrhnout a implementovat aplikaci, která bude prošlé trasy vhodně zpracovávat, upravovat a ukládat. Dále bude umožňovat zobrazení trasy na interaktivní mapě, připojení multimediálního obsahu, tvorbu grafů či generování prezentace. Aplikace je pojata jako nástroj pro usnadnění tvorby prezentace prošlé trasy, může být však stejně dobře použita i pro pouhé úpravy trasy či získání podrobných údajů o trase.

Práce splnila všechny body zadání. V kapitole *Cíle projektu* jsme diskutovali možnosti využití a zpracování GPS tras a na základě toho jsme stanovili základní vlastnosti aplikace. V kapitole 3 jsme se seznámili se systémem GPS, s GPS přístroji a s postupem, jakým zjišťují svoji pozici a ukládají prošlé trasy. Zabývali jsme se zde také mapovými podklady, na které aplikace vykresluje trasu, možnostmi jejich získání a jejich vlastnostmi. Ve čtvrté kapitole jsme navrhli a podrobně rozebrali funkce aplikace, včetně návrhu grafického uživatelského rozhraní. V kapitole 5 jsme se věnovali implementaci vybraných zajímavých funkcí. V poslední šesté kapitole jsme výstupy aplikace otestovali a zhodnotili. Nad rámec zadání aplikace umožňuje dávkově přidat více fotografií k trase a automaticky určit jejich pozici v trase s možností intuitivní uživatelské korekce pozice.

V budoucnu by bylo vhodné aplikaci rozšířit o automatickou detekci a opravu nepřesností v trase vzniklých vlivem špatného GPS signálu. Ruční oprava těchto chyb je velmi zdlouhavá a může navíc způsobit další nepřesnosti. Možnosti prezentování trasy by bylo možné rozšířit o generování html kódu s údaji o trase či o možnost přidat fotografii do mapy na serveru Google Maps přímo z aplikace. Zajímavé by také jistě bylo rozšíření o plánování trasy a její import do GPS přístroje pro následnou navigaci.

# Literatura

- [1] *GPX 1.1 Schema Documentation* [online]. 2004, last modified 19 Jul 2007 [cit. 2010-01-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.topografix.com/GPX/1/1/>>.
- [2] Global Positioning System In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. 19 September 2001, 1 March 2010 [cit. 2010-03-01]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)>.
- [3] IS-GPS-200. *Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces*. Revision D, 7 December 2004. 207 s. Dostupné z WWW: <<http://www.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/IS-GPS-200D.pdf>>.
- [4] HOJGR, Radek; STANKOVIČ, Jan. *GPS : praktická uživatelská příručka*. vid. 1. Brno : Computer Press, 2007. 221 s. ISBN 978-80-251-1734-7.
- [5] VLACHOVÁ, Magda; KÁŽA, Jindřich. *Techmania - Edutorium* [online]. c2008, [cit. 2010-03-20]. Dopplerův jev. Dostupné z WWW: <[http://www.techmania.cz/edutorium/art\\_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=416b757374696b61h&key=660](http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=416b757374696b61h&key=660)>.
- [6] Globální družicové polohové systémy In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. 28.7.2008, [cit. 2010-03-01]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Gobální\\_družicové\\_polohové\\_systémy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Gobální_družicové_polohové_systémy)>.
- [7] *Google Code* [online]. 2009, Updated Aug 25, 2009 [cit. 2010-02-04]. Static Maps V2 API Developer's Guide. Dostupné z WWW: <<http://code.google.com/intl/cs-CZ/apis/maps/documentation/staticmaps/>>.
- [8] DANA, Peter H. *University of Colorado at Boulder : Map Projections* [online]. 1995, last revised 2000.10.3 [cit. 2010-04-20]. Dostupné z WWW: <[http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html)>.
- [9] WEISSTEIN, Eric W. *Wolfram MathWorld* [online]. c1990-2010 [cit. 2010-04-20]. Mercator Projection. Dostupné z WWW: <<http://mathworld.wolfram.com/MercatorProjection.html>>.
- [10] *Path.cz* [online]. 10.03.09, editace 11.03.09 [cit. 2010-04-22]. Jak Garmin počítá přímou vzdálenost mezi body. Dostupné z WWW: <<http://www.path.cz/forum/viewtopic.php?f=20&t=602&start=0>>.
- [11] SINNOTT, R.W.: Virtues of the Haversine, *Sky and Telescope*. 1984, vol. 68, no. 2, p. 159
- [12] JEITA CP-3451. *Exchangeable image file format for digital still cameras : Exif Version 2.2*. [s.l.] : Japan Electronics and Information Technology Industries Association, April 2002. 154 s. Dostupné z WWW: <<http://www.exif.org/Exif2-2.PDF>>.
- [13] *Zed Graph* [online]. Version 5.1.4. 2006, last modified 29 November 2007 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://zedgraph.org> >.

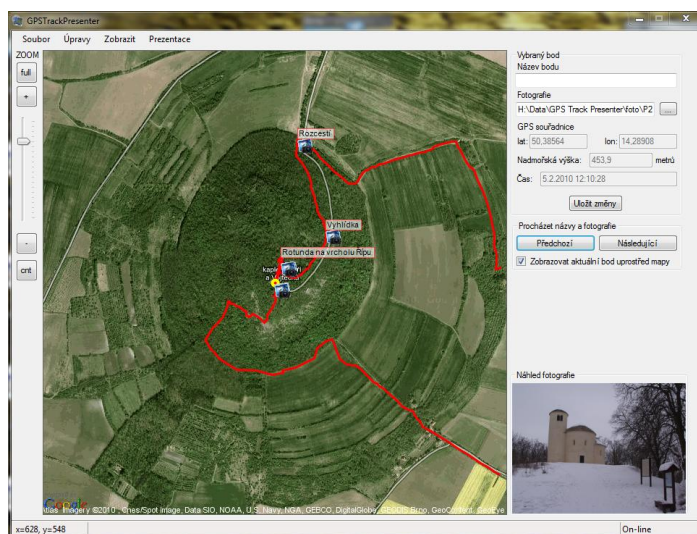
# Seznam příloh

Příloha A. Ukázky aplikace

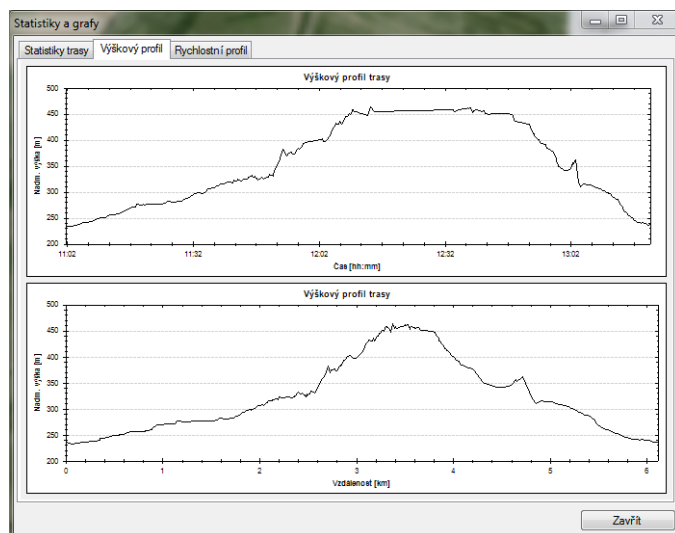
Příloha B. Obsah CD



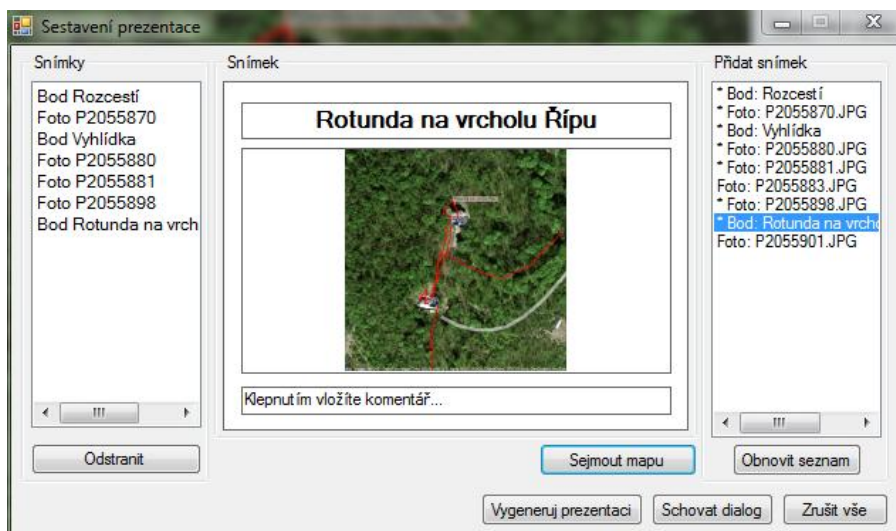
# Příloha A. Ukázky aplikace



Příloha A.1: Načtená trasa s pojmenovanými body a fotografiemi



Příloha A.2: Grafy výškového profilu



Příloha A.3: Okno pro sestavení prezentace

# Příloha B. Obsah CD

Soubory na přiloženém disku CD:

*technicka\_zprava.pdf*

*technicka\_zprava.docx*

adresář *doc* – dokumentace

adresář *src* – zdrojové soubory aplikace

adresář *bin* – spustitelná aplikace

adresář *samples* – ukázkové soubory *gpx* a fotografie